



Docket No.: 60188-578

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Shinichi IMAI, et al.	:	Confirmation Number: 4939
	:	
Serial No.: 10/619,191	:	Group Art Unit: 2812
	:	
Filed: July 15, 2003	:	Examiner: To be Assigned
	:	
For: SYSTEM AND METHOD FOR MONITORING SEMICONDUCTOR PRODUCTION APPARATUS		

**TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

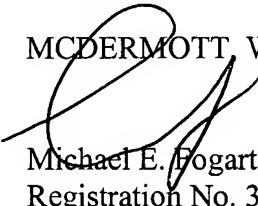
At the time the above application was filed, priority was claimed based on the following application:

**Japanese Patent Application No. 2002-205667, filed July 15, 2002**

A copy of the priority application listed above is enclosed.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

  
Michael E. Fogarty  
Registration No. 36,139

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 MEF:mcw  
Facsimile: (202) 756-8087  
**Date: October 29, 2003**

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

10/619,191  
July 15, 2003  
IMAI et al  
60188-578

*McDermott, Will & Emery*

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年    7 月 1 5 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 2 0 5 6 6 7  
Application Number:

[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 2 - 2 0 5 6 6 7 ]

出      願      人                      松下電器産業株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    7 月 1 0 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 5 6 4 2 5

【書類名】 特許願

【整理番号】 2705030005

【提出日】 平成14年 7月15日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/02

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式  
                                会社内

    【氏名】 今井 伸一

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式  
                                会社内

    【氏名】 田口 真貴

【特許出願人】

    【識別番号】 000005821

    【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100077931

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 前田 弘

【選任した代理人】

    【識別番号】 100094134

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 小山 廣毅

【選任した代理人】

    【識別番号】 100110939

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 竹内 宏

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100110940

【弁理士】

【氏名又は名称】 嶋田 高久

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100113262

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹内 祐二

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100115059

【弁理士】

【氏名又は名称】 今江 克実

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100115510

【弁理士】

【氏名又は名称】 手島 勝

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100115691

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤田 篤史

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014409

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0006010

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体製造装置のモニタリングシステム及びモニタリング方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体製造装置から、前記半導体製造装置が稼働しているときの複数のプロセスパラメータの値よりなる複数のプロセスデータを取得するデータ取得手段と、

前記複数のプロセスデータの少なくとも一部分を用いて多変量解析モデルを作成するモデル作成手段とを備えていることを特徴とする半導体製造装置のモニタリングシステム。

【請求項 2】 半導体製造装置から、前記半導体製造装置が稼働しているときの複数のプロセスパラメータにおける処理レシピを構成する複数のステップの値よりなる複数のプロセスデータを取得するデータ取得手段と、

前記複数のプロセスデータを、前記プロセスパラメータ毎に且つ前記ステップ毎に分割するデータ分割手段と、

前記複数のプロセスデータが分割されてなるデータを用いて多変量解析モデルを作成するモデル作成手段とを備えていることを特徴とする半導体製造装置のモニタリングシステム。

【請求項 3】 前記半導体製造装置は、複数の制御機器と、前記複数の制御機器に接続された制御用コンピュータとを有し、

前記データ取得手段は、前記制御用コンピュータに接続されていると共に前記制御用コンピュータから前記複数のプロセスデータをデジタルデータとして取得することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体製造装置のモニタリングシステム。

【請求項 4】 前記データ取得手段は、SECS、GEM又はHSMSを用いて前記複数のプロセスデータを取得することを特徴とする請求項 3 に記載の半導体製造装置のモニタリングシステム。

【請求項 5】 前記半導体製造装置は複数の制御機器を有し、

前記データ取得手段は、前記複数の制御機器に接続されていると共に前記複数の制御機器から前記複数のプロセスデータをアナログデータとして取得すること

を特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体製造装置のモニタリングシステム。

【請求項 6】 前記モデル作成手段により作成された前記多変量解析モデルに基づき、前記データ取得手段により新規に取得された前記複数のプロセスパラメータの値よりなる複数の新規プロセスデータを評価し、それにより前記半導体製造装置の稼働状態が正常であるか又は異常であるかを判断するデータ評価手段をさらに備えていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体製造装置のモニタリングシステム。

【請求項 7】 前記半導体製造装置から、その処理ロット情報を取得するロット情報取得手段と、

前記ロット情報取得手段により取得された前記処理ロット情報を、前記複数の新規プロセスデータに付加するロット情報付加手段とをさらに備えていることを特徴とする請求項 6 に記載の半導体製造装置のモニタリングシステム。

【請求項 8】 前記半導体製造装置は、該半導体製造装置の処理ロット情報を保持するホストコンピュータに接続されており、

前記ホストコンピュータから前記処理ロット情報を取得するロット情報取得手段と、

前記ロット情報取得手段により取得された前記処理ロット情報を、前記複数の新規プロセスデータに付加するロット情報付加手段とをさらに備えていることを特徴とする請求項 6 に記載の半導体製造装置のモニタリングシステム。

【請求項 9】 前記モデル作成手段は、少なくとも主成分分析を行なうことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体製造装置のモニタリングシステム。

【請求項 10】 複数の半導体製造装置のそれぞれから、前記複数の半導体製造装置が稼働しているときの複数のプロセスパラメータの値よりなる複数のプロセスデータを取得する複数のデータ取得手段と、

前記複数のデータ取得手段のそれぞれにより取得された前記複数のプロセスデータの少なくとも一部分を用いて多変量解析モデルを作成する複数のモデル作成手段と、

前記複数のモデル作成手段のそれぞれにより作成された前記多変量解析モデルに基づき、前記複数のデータ取得手段のそれぞれにより新規に取得された前記複

数のプロセスパラメータの値よりなる複数の新規プロセスデータを評価し、それにより前記複数の半導体製造装置の稼働状態が正常であるか又は異常であるかを判断する複数のデータ評価手段と、

一定時間間隔で前記複数のデータ評価手段のそれぞれに接続することによって、前記複数のデータ評価手段のそれぞれにより前記複数の半導体製造装置の稼働状態が正常であるか又は異常であるか判断された結果を取得する集中監視手段とを備えていることを特徴とする半導体製造装置のモニタリングシステム。

【請求項 1 1】 複数の半導体製造装置のそれぞれから、前記複数の半導体製造装置が稼働しているときの複数のプロセスパラメータにおける処理レシピを構成する複数のステップの値よりなる複数のプロセスデータを取得するデータ取得手段と、

前記複数のデータ取得手段のそれぞれにより取得された前記複数のプロセスデータを、前記プロセスパラメータ毎に且つ前記ステップ毎に分割する複数のデータ分割手段と、

前記複数のデータ分割手段のそれぞれにより前記複数のプロセスデータが分割されてなるデータを用いて多変量解析モデルを作成する複数のモデル作成手段と、

前記複数のモデル作成手段のそれぞれにより作成された前記多変量解析モデルに基づき、前記複数のデータ取得手段のそれぞれにより新規に取得された前記複数のプロセスパラメータの値よりなる複数の新規プロセスデータを評価し、それにより前記複数の半導体製造装置の稼働状態が正常であるか又は異常であるかを判断する複数のデータ評価手段と、

一定時間間隔で前記複数のデータ評価手段のそれぞれに接続することによって、前記複数のデータ評価手段のそれぞれにより前記複数の半導体製造装置の稼働状態が正常であるか又は異常であるか判断された結果を取得する集中監視手段とを備えていることを特徴とする半導体製造装置のモニタリングシステム。

【請求項 1 2】 半導体製造装置から、前記半導体製造装置が稼働しているときの複数のプロセスパラメータの値よりなる複数のプロセスデータを取得するデータ取得工程と、

前記複数のプロセスデータの少なくとも一部分を用いて多変量解析モデルを作成するモデル作成工程とを備えていることを特徴とする半導体製造装置のモニタリング方法。

【請求項 13】 半導体製造装置から、前記半導体製造装置が稼働しているときの複数のプロセスパラメータにおける処理レシピを構成する複数のステップの値よりなる複数のプロセスデータを取得するデータ取得工程と、

前記複数のプロセスデータを、前記プロセスパラメータ毎に且つ前記ステップ毎に分割するデータ分割工程と、

前記複数のプロセスデータが分割されてなるデータを用いて多変量解析モデルを作成するモデル作成工程とを備えていることを特徴とする半導体製造装置のモニタリング方法。

【請求項 14】 前記半導体製造装置は、複数の制御機器と、前記複数の制御機器に接続された制御用コンピュータとを有し、

前記データ取得工程は、前記制御用コンピュータから前記複数のプロセスデータをデジタルデータとして取得する工程を含むことを特徴とする請求項 12 又は 13 に記載の半導体製造装置のモニタリング方法。

【請求項 15】 前記データ取得工程は、SECS、GEM又はHSMSを用いて前記複数のプロセスデータを取得する工程を含むことを特徴とする請求項 14 に記載の半導体製造装置のモニタリング方法。

【請求項 16】 前記半導体製造装置は複数の制御機器を有し、

前記データ取得工程は、前記複数の制御機器から前記複数のプロセスデータをアナログデータとして取得する工程を含むことを特徴とする請求項 12 又は 13 に記載の半導体製造装置のモニタリング方法。

【請求項 17】 前記モデル作成工程で作成された前記多変量解析モデルに基づき、前記データ取得工程で新規に取得された前記複数のプロセスパラメータの値よりなる複数の新規プロセスデータを評価し、それにより前記半導体製造装置の稼働状態が正常であるか又は異常であるかを判断するデータ評価工程とをさらに備えていることを特徴とする請求項 12 又は 13 に記載の半導体製造装置のモニタリング方法。



【請求項 18】 前記半導体製造装置から、その処理ロット情報を取得するロット情報取得工程と、

前記ロット情報取得工程で取得された前記処理ロット情報を、前記複数の新規プロセスデータに付加するロット情報付加工程とをさらに備えていることを特徴とする請求項 17 に記載の半導体製造装置のモニタリング方法。

【請求項 19】 前記半導体製造装置は、該半導体製造装置の処理ロット情報を保持するホストコンピュータに接続されており、

前記ホストコンピュータから前記処理ロット情報を取得するロット情報取得工程と、

前記ロット情報取得工程で取得された前記処理ロット情報を、前記複数の新規プロセスデータに付加するロット情報付加工程とをさらに備えていることを特徴とする請求項 17 に記載の半導体製造装置のモニタリング方法。

【請求項 20】 前記モデル作成工程は、少なくとも主成分分析を行なう工程を含むことを特徴とする請求項 12 又は 13 に記載の半導体製造装置のモニタリング方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置の製造装置の稼働状態をリアルタイムで把握するモニタリング技術に関する。

##### 【0002】

#### 【従来技術】

近年、半導体装置の製造プロセスは微細化すると同時に複雑化してきている。このため、半導体装置において不良品が発生したり又は半導体装置の歩留りが低下したりする場合、製造プロセスに問題があったのか又は製造装置に問題があったのかといった、原因の究明に長時間を要するようになってきている。しかも、半導体装置の集積度の向上に伴って半導体装置製造におけるプロセスマージンは狭くなってきており、その結果、製造装置の間差（マルチチャンバー方式の製造装置におけるチャンバー間のプロセスばらつき）又は機差（同種の製造装置間の

プロセスばらつき）に起因して半導体装置の歩留りが変動することが大きな問題となってきた。従って、高集積半導体装置の製造プロセスにおいては、製造装置の稼働状態をリアルタイムで計測する技術つまりモニタリング技術が非常に重要である。

#### 【0003】

以下、半導体製造装置の1つであるプラズマエッチング装置を例として、従来の半導体製造装置のモニタリング技術について説明する。

#### 【0004】

図14は、従来のモニタリング装置を用いてプラズマエッチング装置の稼働状態をモニタリングしている様子を示している。

#### 【0005】

図14に示すように、プラズマエッチング装置100は、被処理基板101を配置するための下部電極102が設けられた反応室103を備えている。反応室103の一方の側部には、反応室103にプロセスガスを供給するための流量計（マスフローコントローラ）104と、反応室103内のガス圧力を測定するための圧力センサー（バロトロン等）105とが接続されている。また、反応室103の他方の側部には、プロセスガスを排気するための真空ポンプ106が、プロセスガスの排気量を調整するためのコンダクタンスバルブ（APCバルブ）107を介して接続されている。反応室103の底部には、下部電極102に高周波電力を供給するための高周波電源108が、整合器（マッチャー）109及び付加センサー110を介して接続されている。また、反応室103の底部には、チラー（冷凍機）111が接続されている。

#### 【0006】

また、プラズマエッチング装置100は、流量計104、圧力センサー105、コンダクタンスバルブ107、高周波電源108、整合器109及びチラー111の各制御機器と信号線を介して接続された制御用コンピュータ112を備えている。制御用コンピュータ112は、各制御機器から得られた、例えばガス流量、ガス圧力、バルブ開度又はプラズマ容量値等の複数のプロセスデータ、つまりプラズマエッチング装置100の稼働状態を示す複数のプロセスパラメータの

値をデジタルデータとして一定時間保持する。また、制御用コンピュータ 112 は、プラズマエッチング装置 100 を含む複数の半導体製造装置を管理するホストコンピュータ 10 と、プラズマエッチング装置 100 の稼働状態を把握するためのモニタリング装置（モニタリングツール） 20 とネットワーク接続されている。モニタリングツール 20 は、制御用コンピュータ 112 から複数のプロセスデータを取得する。尚、制御用コンピュータ 112 におけるプロセスデータのサンプリング速度は約 1 秒程度であってパラメータの種類によっては過渡的な変動を観察することができない。そこで、モニタリングツール 20 と、プラズマエッチング装置 100 の制御機器の一部（具体的には流量計 104、圧力センサー 105、整合器 109 及び付加センサー 110）とを信号線を介して直接接続することにより、これらの制御機器からプロセスデータをアナログデータとしてモニタリングツール 20 が直接取得できるようにしている。

#### 【0007】

次に、従来の半導体製造装置のモニタリング方法について、図 14 に示すモニタリングツール 20 を用いてプラズマエッチング装置 100 の各制御機器からプロセスデータをアナログデータとして直接取得する場合を例として説明する。

#### 【0008】

図 15 は従来のモニタリング方法のフローチャートを示している。

#### 【0009】

まず、第 1 の処理 P1 として、モニタリングツール 20 を用いてプラズマエッチング装置 100 の各制御機器から複数のプロセスデータをアナログデータとして直接取得し、取得したプロセスデータをモニタリングツール 20 の記録媒体に保持する。

#### 【0010】

次に、第 2 の処理 P2 として、モニタリングツール 20 の記録媒体に保持された複数のプロセスデータを、フレキシブルディスク等を用いることによって他のコンピュータの記録媒体に移動させる。

#### 【0011】

次に、第 3 の処理 P3 として、他のコンピュータにおいて複数のプロセスデー

タを時系列にプロットすることによって、プラズマエッチング装置 100 の稼働状態の傾向管理を行なう。

#### 【0012】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の半導体製造装置のモニタリング方法においては、半導体製造装置における個々のプロセスパラメータの値の変動をモニタリングできる一方、半導体製造装置の稼働状態が正常であるか又は異常であるかを判断するためには、全てのプロセスパラメータの値を観測し、該観測結果つまり全てのプロセスデータに基づいて人間（作業員）が半導体製造装置の稼働状態を評価する必要があった。すなわち、従来のモニタリング技術においては、半導体製造装置の稼働状態の評価を自動化できないという問題、言い換えると、半導体製造装置の稼働状態の評価を客観的且つ迅速に行なうことができないという問題があった。

#### 【0013】

ところで、従来の半導体製造装置のモニタリング方法においては、処理レシピが複数のステップから構成される場合にも、各ステップ毎にはプロセスデータの統計値を算出していない。図 16 は、例えば図 14 に示すようなエッチング装置における下部電極に印加される高周波電力の進行波のパワーをモニタリングした結果を示している。図 16 に示すように、エッチング装置における 1 つの処理レシピは 5 つのステップ S1～S5 から構成されていると共に、進行波のパワーの値は各ステップによって異なっている。しかし、従来の半導体製造装置のモニタリング方法においては、各ステップ毎にプロセスデータの統計値を算出していないので、半導体製造装置の稼働状態を正確に把握できないという問題がある。

#### 【0014】

前記に鑑み、本発明は、半導体製造装置の稼働状態の評価を客観的且つ迅速に行なえるようにすることを第 1 の目的とし、半導体製造装置の稼働状態を正確に把握できるようにすることを第 2 の目的とする。

#### 【0015】

##### 【課題を解決するための手段】

前記の第 1 の目的を達成するために、本発明に係る第 1 の半導体製造装置のモ

ニタリングシステムは、半導体製造装置から、半導体製造装置が稼働しているときの複数のプロセスパラメータの値よりなる複数のプロセスデータを取得するデータ取得手段と、複数のプロセスデータの少なくとも一部分を用いて多変量解析モデルを作成するモデル作成手段とを備えている。

#### 【0016】

第1の半導体製造装置のモニタリングシステムによると、稼働中の半導体製造装置から取得された複数のプロセスパラメータの値、つまり複数のプロセスデータを用いて多変量解析モデルを作成する。このため、複数の新規プロセスデータに対して、例えば主成分値又はモデルとの距離等の算出を行なうことができると共にそれらの値のリアルタイムモニタリング等を行なうことができる。具体的には、例えば主成分値を時系列的にモニタリングすることによって、多数のプロセスパラメータの値を観測して該観測結果を特定の人間の感覚により評価する場合と比べて、半導体製造装置の稼働状態の評価を客観的且つ迅速に行なうことができる。また、例えばエラーマトリックスEを用いて、複数の新規プロセスデータとモデルとの距離を定量的に求めることができる。すなわち、エラーマトリックスEはモデルとの距離を示しており、この距離の大きさによって半導体製造装置の稼働状態の正常又は異常を判断することができる。これにより、1つの値（指標値）で半導体製造装置の稼働状態を示すことが可能となるため、つまり、半導体製造装置の稼働状態の指標化が可能になるため、この指標値を管理するだけで半導体製造装置の稼働状態を管理できる。従って、半導体製造装置の稼働状態の評価を客観的且つより一層迅速に行なうことができる。

#### 【0017】

前記の第1及び第2の目的を達成するために、本発明に係る第2の半導体製造装置のモニタリングシステムは、半導体製造装置から、半導体製造装置が稼働しているときの複数のプロセスパラメータにおける処理レシピを構成する複数のステップの値よりなる複数のプロセスデータを取得するデータ取得手段と、複数のプロセスデータを、プロセスパラメータ毎に且つステップ毎に分割するデータ分割手段と、複数のプロセスデータが分割されてなるデータを用いて多変量解析モデルを作成するモデル作成手段とを備えている。

**【0018】**

第2の半導体製造装置のモニタリングシステムによると、第1の半導体製造装置のモニタリングシステムの効果に加えて次のような効果が得られる。すなわち、稼働中の半導体製造装置から取得されたプロセスデータを、処理レシピを構成するステップ毎に分割してモニタリングできるため、プロセスデータがステップ毎に分割されてなるデータ又はその統計値を必要に応じて確認することにより、異常機器の同定等、半導体製造装置の稼働状態の把握を正確に行なうことができる。

**【0019】**

第1又は第2の半導体製造装置のモニタリングシステムにおいて、半導体製造装置は、複数の制御機器と、複数の制御機器に接続された制御用コンピュータとを有し、データ取得手段は、制御用コンピュータに接続されていると共に制御用コンピュータから複数のプロセスデータをデジタルデータとして取得してもよい。この場合、データ取得手段は、SECS、GEM又はHSMSを用いて複数のプロセスデータを取得してもよい。

**【0020】**

第1又は第2の半導体製造装置のモニタリングシステムにおいて、半導体製造装置は複数の制御機器を有し、データ取得手段は、複数の制御機器に接続されていると共に複数の制御機器から複数のプロセスデータをアナログデータとして取得してもよい。

**【0021】**

第1又は第2の半導体製造装置のモニタリングシステムにおいて、モデル作成手段により作成された多変量解析モデルに基づき、データ取得手段により新規に取得された複数のプロセスパラメータの値よりなる複数の新規プロセスデータを評価し、それにより半導体製造装置の稼働状態が正常であるか又は異常であるかを判断するデータ評価手段をさらに備えていると、前述の本発明の効果を確実に得ることができる。

**【0022】**

データ評価手段を備えている場合、半導体製造装置から、その処理ロット情報

を取得するロット情報取得手段と、ロット情報取得手段により取得された処理ロット情報を、複数の新規プロセスデータに付加するロット情報付加手段とをさらに備えていることが好ましい。

#### 【0023】

このようにすると、処理ロット情報とプロセスデータとがデータ空間上で結合されるため、半導体製造装置の稼働状態をロット結果と照合したり、逆に、ロット結果を半導体製造装置の稼働状態と照合したりすることが可能になる。従って、例えば不良ウェーハ処理が行なわれた場合における半導体製造装置の稼働状態を迅速に把握することができる。

#### 【0024】

データ評価手段を備えている場合、半導体製造装置は、該半導体製造装置の処理ロット情報を保持するホストコンピュータに接続されており、ホストコンピュータから処理ロット情報を取得するロット情報取得手段と、ロット情報取得手段により取得された処理ロット情報を、複数の新規プロセスデータに付加するロット情報付加手段とをさらに備えていることが好ましい。

#### 【0025】

このようにすると、処理ロット情報とプロセスデータとがデータ空間上で結合されるため、半導体製造装置の稼働状態をロット結果と照合したり、逆に、ロット結果を半導体製造装置の稼働状態と照合したりすることが可能になる。従って、例えば不良ウェーハ処理が行なわれた場合における半導体製造装置の稼働状態を迅速に把握することができる。

#### 【0026】

第1又は第2の半導体製造装置のモニタリングシステムにおいて、モデル作成手段が少なくとも主成分分析を行なうと、前述の本発明の効果を確実に得ることができる。

#### 【0027】

前記の第1の目的を達成するために、本発明に係る第3の半導体製造装置のモニタリングシステムは、複数の半導体製造装置のそれぞれから、複数の半導体製造装置が稼働しているときの複数のプロセスパラメータの値よりなる複数のプロ

セスデータを取得する複数のデータ取得手段と、複数のデータ取得手段のそれぞれにより取得された複数のプロセスデータの少なくとも一部分を用いて多変量解析モデルを作成する複数のモデル作成手段と、複数のモデル作成手段のそれぞれにより作成された多変量解析モデルに基づき、複数のデータ取得手段のそれぞれにより新規に取得された複数のプロセスパラメータの値よりなる複数の新規プロセスデータを評価し、それにより複数の半導体製造装置の稼働状態が正常であるか又は異常であるかを判断する複数のデータ評価手段と、一定時間間隔で複数のデータ評価手段のそれぞれに接続することによって、複数のデータ評価手段のそれぞれにより複数の半導体製造装置の稼働状態が正常であるか又は異常であるか判断された結果を取得する集中監視手段とを備えている。

#### 【0028】

第3の半導体製造装置のモニタリングシステムによると、第1の半導体製造装置のモニタリングシステムの効果に加えて次のような効果が得られる。すなわち、複数のデータ評価手段により複数の半導体製造装置の稼働状態が正常であるか又は異常であるか判断された結果を、一定時間間隔で各データ評価手段に接続することにより取得する集中監視手段を備えているため、複数の半導体製造装置の稼働状態の把握を自動的行なうことができる。

#### 【0029】

前記の第1及び第2の目的を達成するために、本発明に係る第4の半導体製造装置のモニタリングシステムは、複数の半導体製造装置のそれぞれから、複数の半導体製造装置が稼働しているときの複数のプロセスパラメータにおける処理レシピを構成する複数のステップの値よりなる複数のプロセスデータを取得するデータ取得手段と、複数のデータ取得手段のそれぞれにより取得された複数のプロセスデータを、プロセスパラメータ毎に且つステップ毎に分割する複数のデータ分割手段と、複数のデータ分割手段のそれぞれにより複数のプロセスデータが分割されてなるデータを用いて多変量解析モデルを作成する複数のモデル作成手段と、複数のモデル作成手段のそれぞれにより作成された多変量解析モデルに基づき、複数のデータ取得手段のそれぞれにより新規に取得された複数のプロセスパラメータの値よりなる複数の新規プロセスデータを評価し、それにより複数の半



半導体製造装置の稼働状態が正常であるか又は異常であるかを判断する複数のデータ評価手段と、一定時間間隔で複数のデータ評価手段のそれぞれに接続することによって、複数のデータ評価手段のそれぞれにより複数の半導体製造装置の稼働状態が正常であるか又は異常であるか判断された結果を取得する集中監視手段とを備えているを備えている。

#### 【0030】

第4の半導体製造装置のモニタリングシステムによると、第1及び第2の半導体製造装置のモニタリングシステムの効果に加えて次のような効果が得られる。すなわち、複数のデータ評価手段により複数の半導体製造装置の稼働状態が正常であるか又は異常であるか判断された結果を、一定時間間隔で各データ評価手段に接続することにより取得する集中監視手段を備えているため、複数の半導体製造装置の稼働状態の把握を自動的に行なうことができる。

#### 【0031】

前記の第1の目的を達成するために、本発明に係る第1の半導体製造装置のモニタリング方法は、半導体製造装置から、半導体製造装置が稼働しているときの複数のプロセスパラメータの値よりなる複数のプロセスデータを取得するデータ取得工程と、複数のプロセスデータの少なくとも一部分を用いて多変量解析モデルを作成するモデル作成工程とを備えている。

#### 【0032】

第1の半導体製造装置のモニタリング方法によると、稼働中の半導体製造装置から取得された複数のプロセスデータを用いて多変量解析モデルを作成する。このため、複数の新規プロセスデータに対して、例えば主成分値又はモデルとの距離の算出を行なうことができると共にそれらの値のリアルタイムモニタリング等を行なうことができる。具体的には、例えば主成分値を時系列的にモニタリングすることによって、多数のプロセスパラメータの値を観測して該観測結果を特定の人間の感覚により評価する場合と比べて、半導体製造装置の稼働状態の評価を客観的且つ迅速に行なうことができる。また、例えばエラーマトリックスEを用いて、複数の新規プロセスデータとモデルとの距離を定量的に求めることができる。すなわち、エラーマトリックスEはモデルとの距離を示しており、この距離

の大きさによって半導体製造装置の稼働状態の正常又は異常を判断することができる。これにより、1つの値（指標値）で半導体製造装置の稼働状態を示すことが可能となるため、この指標値を管理するだけで半導体製造装置の稼働状態を管理できるので、半導体製造装置の稼働状態の評価を客観的且つより一層迅速に行なうことができる。

#### 【0033】

前記の第1及び第2の目的を達成するために、本発明に係る第2の半導体製造装置のモニタリング方法は、半導体製造装置から、半導体製造装置が稼働しているときの複数のプロセスパラメータにおける処理レシピを構成する複数のステップの値よりなる複数のプロセスデータを取得するデータ取得工程と、複数のプロセスデータを、プロセスパラメータ毎に且つステップ毎に分割するデータ分割工程と、複数のプロセスデータが分割されてなるデータを用いて多変量解析モデルを作成するモデル作成工程とを備えている。

#### 【0034】

第2の半導体製造装置のモニタリング方法によると、第1の半導体製造装置のモニタリング方法の効果に加えて次のような効果が得られる。すなわち、稼働中の半導体製造装置から取得されたプロセスデータを、処理レシピを構成するステップ毎に分割してモニタリングできるため、プロセスデータがステップ毎に分割されてなるデータ又はその統計値を必要に応じて確認することにより、異常機器の同定等、半導体製造装置の稼働状態の把握を正確に行なうことができる。

#### 【0035】

第1又は第2の半導体製造装置のモニタリング方法において、半導体製造装置は、複数の制御機器と、複数の制御機器に接続された制御用コンピュータとを有し、データ取得工程は、制御用コンピュータから複数のプロセスデータをデジタルデータとして取得する工程を含んでいてもよい。この場合、データ取得工程は、SECS、GEM又はHSMSを用いて複数のプロセスデータを取得する工程を含んでいてもよい。

#### 【0036】

第1又は第2の半導体製造装置のモニタリングシステムにおいて、半導体製造

装置は複数の制御機器を有し、データ取得工程は、複数の制御機器から複数のプロセスデータをアナログデータとして取得する工程を含んでいてもよい。

#### 【0037】

第1又は第2の半導体製造装置のモニタリングシステムにおいて、モデル作成工程で作成された多変量解析モデルに基づき、データ取得工程で新規に取得された複数のプロセスパラメータの値よりなる複数の新規プロセスデータを評価し、それにより半導体製造装置の稼働状態が正常であるか又は異常であるかを判断するデータ評価工程とをさらに備えていると、前述の本発明の効果を確実に得ることができる。

#### 【0038】

データ評価工程を備えている場合、半導体製造装置から、その処理ロット情報を取得するロット情報取得工程と、ロット情報取得工程で取得された処理ロット情報を、複数の新規プロセスデータに付加するロット情報付加工程とをさらに備えていることが好ましい。

#### 【0039】

このようにすると、処理ロット情報とプロセスデータとがデータ空間上で結合されるため、半導体製造装置の稼働状態をロット結果と照合したり、逆に、ロット結果を半導体製造装置の稼働状態と照合したりすることが可能になる。従って、例えば不良ウェーハ処理が行なわれた場合における半導体製造装置の稼働状態を迅速に把握することができる。

#### 【0040】

データ評価工程を備えている場合、半導体製造装置は、該半導体製造装置の処理ロット情報を保持するホストコンピュータに接続されており、ホストコンピュータから処理ロット情報を取得するロット情報取得工程と、ロット情報取得工程で取得された処理ロット情報を、複数の新規プロセスデータに付加するロット情報付加工程とをさらに備えていることが好ましい。

#### 【0041】

このようにすると、処理ロット情報とプロセスデータとがデータ空間上で結合されるため、半導体製造装置の稼働状態をロット結果と照合したり、逆に、ロッ

ト結果を半導体製造装置の稼働状態と照合したりすることが可能になる。従って、例えば不良ウェーハ処理が行なわれた場合における半導体製造装置の稼働状態を迅速に把握することができる。

#### 【0042】

第1又は第2の半導体製造装置のモニタリング方法において、モデル作成工程が、少なくとも主成分分析を行なう工程を含むと、前述の本発明の効果を確実に得ることができる。

#### 【0043】

##### 【発明の実施の形態】

##### （第1の実施形態）

以下、本発明の第1の実施形態に係る半導体製造装置のモニタリングシステム及びモニタリング方法について図面を参照しながら説明する。

#### 【0044】

図1は、本実施形態のモニタリングシステムを用いてプラズマエッチング装置の稼働状態をモニタリングしている様子を示している。

#### 【0045】

図1に示すように、プラズマエッチング装置100は、被処理基板101を配置するための下部電極102が設けられた反応室103を備えている。反応室103の一方の側部には、反応室103にプロセスガスを供給するための流量計104と、反応室103内のガス圧力を測定するための圧力センサー105とが接続されている。また、反応室103の他方の側部には、プロセスガスを排気するための真空ポンプ106が、プロセスガスの排気量を調整するためのコンダクタンスバルブ107を介して接続されている。反応室103の底部には、下部電極102に高周波電力を供給するための高周波電源108が、整合器109及び付加センサー110を介して接続されている。また、反応室103の底部には、チラー111が接続されている。

#### 【0046】

また、プラズマエッチング装置100は、流量計104、圧力センサー105、コンダクタンスバルブ107、高周波電源108、整合器109及びチラー1

11の各制御機器と信号線を介して接続された制御用コンピュータ112を備えている。制御用コンピュータ112は、各制御機器から得られた、例えばガス流量、ガス圧力、バルブ開度又はプラズマ容量値等の複数のプロセスパラメータの値、つまり複数のプロセスデータをデジタルデータとして一定時間保持する。また、制御用コンピュータ112は、プラズマエッチング装置100を含む複数の半導体製造装置を管理するホストコンピュータ10と、プラズマエッチング装置100の稼働状態を把握するための本実施形態のモニタリングシステム200におけるモニタリングツール201とネットワーク接続されている。モニタリングツール201は、制御用コンピュータ112から複数のプロセスデータをデジタルデータとして取得する。また、モニタリングツール201は、プラズマエッチング装置100の制御機器の一部（具体的には流量計104、圧力センサー105、整合器109及び付加センサー110）と信号線を介して直接接続されており、これらの制御機器から複数のプロセスデータをアナログデータとして取得する。

#### 【0047】

本実施形態のモニタリングシステム200は、モニタリングツール201とネットワーク接続され且つモニタリングツール201からプロセスデータがリアルタイムで送信される解析用コンピュータ202を備えている。解析用コンピュータ202には、複数のプロセスデータを、プロセスパラメータ毎に且つ処理レシピを構成する複数のステップ毎に分割するプログラム、及び複数のプロセスデータが分割されてなるデータ（以下、分割データと称する）の統計値を算出するプログラムが組み込まれている。また、解析用コンピュータ202には、複数のプロセスデータの少なくとも一部分又は分割データを用いて主成分分析のモデル等の多変量解析モデルを作成するプログラム、及び作成された多変量解析モデルを複数の新規プロセスデータに対して用いることにより得られる主成分値等を時系列的にプロットするプログラム等が組み込まれている。

#### 【0048】

次に、本実施形態の半導体製造装置のモニタリング方法について、図1に示すモニタリングツール201を用いてプラズマエッチング装置100の各制御機器

から複数のプロセスデータをアナログデータとして直接取得する場合を例として説明する。

#### 【0049】

図2は本実施形態のモニタリング方法のフローチャートを示している。

#### 【0050】

まず、第1の処理P11として、モニタリングツール201を用いてプラズマエッチング装置100の各制御機器から複数のプロセスデータを、予め設定したサンプリング速度で収集する。

#### 【0051】

次に、第2の処理P12として、モニタリングツール201により収集された複数のプロセスデータをネットワークを介して解析用コンピュータ202に送信する。

#### 【0052】

次に、第3の処理P13として、解析用コンピュータ202において複数のプロセスデータを、プロセスパラメータ毎に且つ処理レシピを構成するステップ毎に分割する。

#### 【0053】

次に、第4の処理P14として、解析用コンピュータ202において、複数のプロセスデータの少なくとも一部分又は分割データを用いて多変量解析モデルを作成する。ここで、多変量解析モデルの作成とは、具体的には、例えば下記(式1)のように、複数のプロセスデータのデータマトリックスXを、スコアベクトルT、ローディングベクトルP及びエラーマトリックスEに分解することである。尚、 $P^t$ はPの転置ベクトルを示している。

#### 【0054】

$$X = T \times P^t + E \quad \dots \quad (式1)$$

次に、第5の処理P15として、処理P11～P13と同様にして得られた複数の新規プロセスデータ又は新規分割データに対して、処理P14で作成された多変量解析モデル、例えば主成分分析のモデルを適用することにより主成分値を算出し、算出された主成分値を時系列的にモニタリングする。

## 【0055】

図3 (a) ~ (c) 及び図4 (a)、(b) は、プラズマエッチング装置100における下部電極102と被処理基板(ウェハ)101との間に流しているヘリウムガスの流量のウェハ処理枚数依存性を、処理レシピを構成するステップ1~5毎に分けて示したものである。図3 (a) ~ (c) 及び図4 (a)、(b) に示すように、点A及び点Bにおいてヘリウムガス流量が急増している。これは、下部電極102上にパーティクルが付着してウェハ101と下部電極102との隙間が大きくなったことによるものと考えられる。また、点C前後において、ヘリウムガス流量の平均的なレベルが全ステップに亘って変化している。これは、プラズマエッチング装置100のメンテナンスに伴う反応室103内のウェットクリーニングによって下部電極102の表面に皮膜が形成されてしまい、それにより下部電極102のウェハ101に対する吸着力が低下してヘリウムガスが漏れた(つまりヘリウムガスの流量が増大した) ことによるものと考えられる。

## 【0056】

図5 (a) ~ (c) 及び図6 (a)、(b) は、プラズマエッチング装置100の反応室103内におけるガス圧力のウェハ処理枚数依存性を、処理レシピを構成するステップ1~5毎に分けて示したものである。尚、図5 (a) ~ (c) 及び図6 (a)、(b) に示すガス圧力は、各ステップの処理時間内の平均値である。図5 (a) ~ (c) 及び図6 (a)、(b) に示すように、ステップ毎にプロセスデータを分割すると、各ステップによってプロセスデータの値つまり反応室103内のガス圧力が大きく異なっていることが明確にわかる。さらに、図5 (b) 又は図6 (a) における点A又は点Bのように、特定のステップにおいて突発的なガス圧力の異常が検出されていることがわかる。一方、従来のモニタリングシステムのようにステップ毎にプロセスデータを分割しない場合、このような異常を検出することは困難である。それは、従来のモニタリングシステムにおいては、プロセスデータが全ステップに亘って平均化されてしまうためである。

## 【0057】

図7は、プラズマエッチング装置100における、反応室103内のガス圧力

及びプラズマ発光電圧、下部電極 102 とウェハ 101 との間のヘリウムガス流量、並びに高周波電源 108 から下部電極 102 に供給される高周波電力の進行波及び反射波のパワーの各データについて多変量解析のモデリングを行ない、その結果得られたモデルにおける第 1 主成分及び第 2 主成分のそれぞれの値のウェハ処理枚数依存性を示している。図 7 に示すように、第 1 主成分には、下部電極 102 上へのパーティクル付着に起因するヘリウムガス流量の変化が反映されていることがわかる。尚、第 1 主成分には、ウェットクリーニング（メンテナンス）前後におけるプラズマ発光電圧の変化も反映されている。一方、第 2 主成分には、反応室 103 内のガス圧力の変化が反映されていることがわかる。

#### 【0058】

以上に説明したように、第 1 の実施形態によると、稼働中の半導体製造装置（プラズマエッチング装置 100）から取得された複数のプロセスパラメータの値、つまり複数のプロセスデータを用いて多変量解析モデルを作成する。このため、複数の新規プロセスデータに対して例えば主成分値の算出を行なうことができると共に該主成分値のリアルタイムモニタリング等を行なうことができる。従って、例えば主成分値を時系列的にモニタリングすることにより、多数のプロセスパラメータの値を観測して該観測結果を特定の人間の感覚により評価する場合と比べて、半導体製造装置の稼働状態の評価を客観的且つ迅速に行なうことができる。

#### 【0059】

また、第 1 の実施形態によると、稼働中の半導体製造装置から取得されたプロセスデータを、処理レシピを構成するステップ毎に分割してモニタリングできるため、プロセスデータがステップ毎に分割されてなる分割データ又はその統計値を必要に応じて確認することにより、異常機器の同定等、半導体製造装置の稼働状態の把握を正確に行なうことができる。

#### 【0060】

尚、第 1 の実施形態において、多変量解析の手法として主成分分析を用いたが、多変量解析の手法は特に限定されるものではなく、例えば重回帰分析等の他の多変量解析の手法を用いてもよい。



## 【0 0 6 1】

また、第 1 の実施形態において、モニタリングツール 2 0 1 を用いてプラズマエッチング装置 1 0 0 の各制御機器から複数のプロセスデータをアナログデータとして取得した。しかし、これに代えて、モニタリングツール 2 0 1 を用いてプラズマエッチング装置 1 0 0 の制御用コンピュータ 1 1 2 から複数のプロセスデータをデジタルデータとして取得してもよい。このとき、モニタリングツール 2 0 1 が、S E C S (Semiconductor Equipment Communications Standard)、G E M (Generic Equipment Model) 又は H S M S (High Speed Message Service) 等の通信規格に基づくストリームファンクションを用いてプロセスデータを取得してもよい。或いは、モニタリングツール 2 0 1 を用いて複数のプロセスデータをパラメータの種類に応じて制御用コンピュータ 1 1 2 及び各制御機器からデジタルデータ及びアナログデータとして取得してもよい。

## 【0 0 6 2】

また、第 1 の実施形態において、モニタリング対象となる半導体製造装置はプラズマエッチング装置 1 0 0 に限られるものではなく、例えば C V D (Chemical Vapor Deposition) 装置、C M P (Chemical Mechanical Polishing) 装置、イオン注入装置、洗浄装置又は露光装置等の半導体製造装置全般を対象とすることができるとは言うまでもない。

## 【0 0 6 3】

(第 2 の実施形態)

以下、本発明の第 2 の実施形態に係る半導体製造装置のモニタリングシステム及びモニタリング方法について図面を参照しながら説明する。

## 【0 0 6 4】

第 1 の実施形態においては、半導体製造装置の稼働状態、つまり複数のプロセスパラメータの値を 2 つの主成分値を用いて表現した。ここで、通常用いられる主成分値の数は 2 ～ 3 であり、プロセスパラメータ自体の数よりは少なくなっているが、依然として複数の値を管理する必要がある。本実施形態は、この課題を解決するものである。

## 【0 0 6 5】

具体的には、本実施形態の半導体製造装置のモニタリングシステムが第1の実施形態と異なっている点は、解析用コンピュータ202（図1参照）に、多変量解析のモデリング時に得られたエラーマトリックスE（式1参照）を用いて複数の新規プロセスデータとモデルとの距離 $D_i$ を算出してモニタリングするプログラム、及びモデルとの距離 $D_i$ に基づいてプラズマエッチング装置100の稼働状態が正常であるか又は異常であるかを判断するプログラムが組み込まれている点である。

#### 【0066】

図8は、本実施形態の半導体製造装置のモニタリング方法のフローチャートを示している。

#### 【0067】

図8の処理P21～P24においては、図2に示す第1の実施形態の処理P11～P14と同様の処理を行なう。

#### 【0068】

次に、第5の処理P25として、処理P21～P23と同様にして得られた複数の新規プロセスデータ又は新規分割データに対して、処理P24で作成された多変量解析モデルを適用してエラーマトリックスEを求める。このとき、Eの各要素を自乗してその総和を算出し、算出された総和をEの自由度で除した値の平方根を求めることにより、複数の新規プロセスデータとモデルとの距離 $D_i$ が得られる。

#### 【0069】

次に、第6の処理P26として、第5の処理P25で得られた、モデルとの距離 $D_i$ に基づいて、半導体製造装置（プラズマエッチング装置100）の稼働状態が正常であるか又は異常であるかを判断する。

#### 【0070】

図9は、エラーマトリックスEから求められたモデルとの距離 $D_i$ のウェハ処理枚数依存性を示したものである。ここで、例えばプラズマエッチング装置100の稼働状態が正常であると客観的に判断された期間（例えば製品の歩留まりが所定値を超えている期間）の複数のプロセスデータにおけるモデルとの距離 $D_i$

のバラツキ $\sigma$ を基準にとり、プラズマエッチング装置 100 の稼働状態を次のように判断する。すなわち、複数の新規プロセスデータにおけるモデルとの距離  $D_i$  が  $3\sigma$  未満であれば正常状態、 $3\sigma$  以上で且つ  $6\sigma$  以内であればワーニング状態、 $6\sigma$  を越えれば故障状態（異常状態）であると判断する。図 9 に示すように、モデルとの距離  $D_i$  のモニタリング結果から、例えば下部電極 102 上へのパーティクル付着等によってヘリウムガス流量が増大してプラズマエッチング装置 100 の稼働状態が劣化していることが異常として検出できていることがわかる。すなわち、モデルとの距離  $D_i$  の値を、半導体製造装置の稼働状態を示す指標として用いることができることがわかる。

#### 【0071】

次に、第 7 の処理 P 27 として、第 6 の処理 P 26 でプラズマエッチング装置 100 の稼働状態が正常であると判断された場合にはプラズマエッチング装置 100 に生産継続の指示を行なう（処理 P 27 n）。一方、第 6 の処理 P 26 でプラズマエッチング装置 100 の稼働状態がワーニング状態であると判断された場合には警報を出力すると共に該稼働状態が異常であると判断された場合にはプラズマエッチング装置 100 に装置停止の指示を行なう（処理 P 27 a）。

#### 【0072】

以上に説明したように、第 2 の実施形態によると、稼働中の半導体製造装置（プラズマエッチング装置 100）から取得された複数のプロセスデータを用いて多変量解析モデルを作成する。このため、複数の新規プロセスデータに対して例えばモデルとの距離  $D_i$  等の算出を行なうことができると共にこのモデルとの距離  $D_i$  のリアルタイムモニタリング等を行なうことができる。具体的には、例えばエラーマトリックス  $E$  を用いて、複数の新規プロセスデータとモデルとの距離  $D_i$  を定量的に求めることができると共にこの  $D_i$  の大きさによってプラズマエッチング装置 100 の稼働状態の正常又は異常を判断することができる。これにより、1 つの値（指標値）でプラズマエッチング装置 100 の稼働状態を示すことが可能となるため、つまり、プラズマエッチング装置 100 の稼働状態の指標化が可能になるため、この指標値を管理するだけでプラズマエッチング装置 100 の稼働状態を管理できる。従って、プラズマエッチング装置 100 の稼働状態

の評価を客観的且つより一層迅速に行なうことができる。

#### 【0073】

また、第2の実施形態によると、稼働中の半導体製造装置から取得されたプロセスデータを、処理レシビを構成するステップ毎に分割してモニタリングできるため、プロセスデータがステップ毎に分割されてなる分割データ又はその統計値を必要に応じて確認することにより、異常機器の同定等、半導体製造装置の稼働状態の把握を正確に行なうことができる。

#### 【0074】

尚、第2の実施形態において、モニタリングツール201を用いてプラズマエッチング装置100の各制御機器から複数のプロセスデータをアナログデータとして取得した。しかし、これに代えて、モニタリングツール201を用いてプラズマエッチング装置100の制御用コンピュータ112から複数のプロセスデータをデジタルデータとして取得してもよい。このとき、モニタリングツール201が、SECS、GEM又はHSMS等の通信規格に基づくストリームファンクションを用いてプロセスデータを取得してもよい。或いは、モニタリングツール201を用いて複数のプロセスデータをパラメータの種類に応じて制御用コンピュータ112及び各制御機器からデジタルデータ及びアナログデータとして取得してもよい。

#### 【0075】

また、第2の実施形態において、モニタリング対象となる半導体製造装置はプラズマエッチング装置100に限られるものではなく、例えばCVD装置、CMP装置、イオン注入装置、洗浄装置又は露光装置等の半導体製造装置全般を対象とすることができることは言うまでもない。

#### 【0076】

また、第2の実施形態において、プラズマエッチング装置100の稼働状態が正常であると客観的に判断された期間の複数のプロセスデータにおけるモデルとの距離 $D_i$ のバラツキ $\sigma$ を基準として、プラズマエッチング装置100の稼働状態を次のように判断した。すなわち、複数の新規プロセスデータにおけるモデルとの距離 $D_i$ が $3\sigma$ 未満であれば正常状態、 $3\sigma$ 以上で且つ $6\sigma$ 以内であればワ

ーニング状態、 $6\sigma$ を越えれば故障状態（異常状態）であると判断した。しかし、半導体製造装置の稼働状態が正常であるか又は異常であるかを判断する閾値が特に限定されるものではないことは言うまでもない。

#### 【0077】

##### （第3の実施形態）

以下、本発明の第3の実施形態に係る半導体製造装置のモニタリングシステム及びモニタリング方法について図面を参照しながら説明する。

#### 【0078】

第1の実施形態においては、半導体製造装置の稼働状態を示すプロセスデータと処理ロット情報（ロット番号、ウェハ枚数、品種等）とが結合していないために、次のような問題が生じる場合がある。すなわち、例えば不良ウェーハ処理が行なわれた場合における製造装置の稼働状態の解析を行ないたい場合、又は製造装置の稼働状態が変動したときに処理されていた対象ウェハを同定したい場合、第1の実施形態においては、半導体製造装置を管理するホストコンピュータの処理ウェハに関するデータと、プロセスデータとを照合する必要がある、この照合作業に多くの時間を要してしまう。本実施形態は、この課題を解決するものである。

#### 【0079】

図10は、本実施形態のモニタリングシステムを用いてプラズマエッチング装置の稼働状態をモニタリングしている様子を示している。尚、図10において、図1に示す第1の実施形態と同一の構成要素には同一の符号を付すことにより説明を省略する。

#### 【0080】

図10に示すように、本実施形態のモニタリングシステム200がプラズマエッチング装置100の各制御機器（又は制御用コンピュータ112）から複数のプロセスデータを収集するための構成は、図1に示す第1の実施形態と同様である。本実施形態のモニタリングシステム200が第1の実施形態と異なっている点は、モニタリングシステム200のモニタリングツール201が、プラズマエッチング装置100の処理ロット情報を保持するホストコンピュータ10とネッ

トワーク接続されている点である。これにより、モニタリングツール 201 はホストコンピュータ 10 と通信することによって処理ロット情報を取得できる。そして、モニタリングツール 201 は、この処理ロット情報を、プラズマエッチング装置 100 から収集した複数のプロセスデータに付加する。

#### 【0081】

次に、本実施形態の半導体製造装置のモニタリング方法について、図 10 に示すモニタリングツール 201 を用いてプラズマエッチング装置 100 の各制御機器から複数のプロセスデータをアナログデータとして直接取得する場合を例として説明する。

#### 【0082】

図 11 は、本実施形態の半導体製造装置のモニタリング方法のフローチャートを示している。

#### 【0083】

まず、第 1 の処理 P 3 1 として、モニタリングツール 201 を用いてホストコンピュータ 10 から処理ロット情報を取得する。

#### 【0084】

次に、第 2 の処理 P 3 2 として、プラズマエッチング装置 100 におけるロット処理開始のトリガとなる信号（例えば高周波電力の ON 信号）を合図として、モニタリングツール 201 を用いてプラズマエッチング装置 100 の各制御機器から複数のプロセスデータを、予め設定したサンプリング速度で収集する。

#### 【0085】

次に、第 3 の処理 P 3 3 として、モニタリングツール 201 において、第 1 の処理 P 3 1 で取得された処理ロット情報を、第 2 の処理 P 3 2 で収集された複数のプロセスデータに付加することにより、処理ロット情報と複数のプロセスデータとを結合させる。

#### 【0086】

次に、第 4 の処理 P 3 4 として、処理ロット情報と結合した複数のプロセスデータをモニタリングツール 201 からネットワークを介して解析用コンピュータ 202 に送信する。

**【0087】**

次に、第5の処理P35として、解析用コンピュータ202において、複数のプロセスデータを、プロセスパラメータ毎に且つ処理レシピを構成するステップ毎に分割する。

**【0088】**

次に、第6の処理P36として、第1の実施形態の第4の処理P14と同様に、解析用コンピュータ202において、複数のプロセスデータの少なくとも一部分又は分割データを用いて多変量解析モデルを作成する。

**【0089】**

次に、第7の処理P37として、処理P31～P35と同様にして得られた複数の新規プロセスデータ又は新規分割データ（いずれも処理ロット情報が付加されている）に対して処理P36で作成された多変量解析モデルを適用してエラーマトリックスEを求める。このとき、第2の実施形態の第5の処理P25と同様に、エラーマトリックスEから、複数の新規プロセスデータとモデルとの距離 $D_i$ を求める。

**【0090】**

次に、第8の処理P38として、第7の処理P37で得られた、モデルとの距離 $D_i$ に基づいて、第2の実施形態の第6の処理P26と同様に、半導体製造装置（プラズマエッチング装置100）の稼働状態が正常であるか又は異常であるかを判断する。

**【0091】**

次に、第9の処理P39として、第8の処理P38でプラズマエッチング装置100の稼働状態が正常であると判断された場合にはプラズマエッチング装置100に生産継続の指示を行なう（処理P39n）。一方、第8の処理P38でプラズマエッチング装置100の稼働状態がワーニング状態であると判断された場合には警報を出力すると共に該稼働状態が異常であると判断された場合にはプラズマエッチング装置100に装置停止の指示を行なう（処理P39a）。

**【0092】**

以上に説明したように、第3の実施形態によると、第2の実施形態の効果に加

えて次のような効果が得られる。すなわち、処理ロット情報とプロセスデータとがデータ空間上で結合されるため、半導体製造装置のどのような稼働状態でどのロットのどのウェハが処理されたかを、一対一対応で把握することができる。すなわち、半導体製造装置の稼働状態を各ロットのウェハ処理結果（つまりロット結果）と照合したり、逆に、ロット結果を半導体製造装置の稼働状態と照合したりすることが可能になる。従って、例えば不良ウェーハ処理が行なわれた場合における半導体製造装置の稼働状態を迅速に把握することができる。

#### 【0093】

尚、第3の実施形態において、モニタリングツール201を用いてプラズマエッチング装置100の各制御機器から複数のプロセスデータをアナログデータとして取得した。しかし、これに代えて、モニタリングツール201を用いてプラズマエッチング装置100の制御用コンピュータ112から複数のプロセスデータをデジタルデータとして取得してもよい。このとき、モニタリングツール201が、SECS、GEM又はHSMS等の通信規格に基づくストリームファンクションを用いてプロセスデータを取得してもよい。或いは、モニタリングツール201を用いて複数のプロセスデータをパラメータの種類に応じて制御用コンピュータ112及び各制御機器からデジタルデータ及びアナログデータとして取得してもよい。

#### 【0094】

また、第3の実施形態において、モニタリング対象となる半導体製造装置はプラズマエッチング装置100に限られるものではなく、例えばCVD装置、CMP装置、イオン注入装置、洗浄装置又は露光装置等の半導体製造装置全般を対象とすることができることは言うまでもない。

#### 【0095】

また、第3の実施形態において、モニタリングツール201によりホストコンピュータ10から処理ロット情報を取得したが、これに代えて、モニタリングツール201によりプラズマエッチング装置100の制御用コンピュータ112から処理ロット情報を取得してもよい。これは、制御用コンピュータ112には、ホストコンピュータ10から処理ロット情報が送信されている場合が多いことに



よる。

#### 【0096】

また、第3の実施形態において、モニタリングツール201とホストコンピュータ10との通信により処理ロット情報を取得したが、これに代えて、解析用コンピュータ202とホストコンピュータ10又は制御用コンピュータ112との通信により処理ロット情報を取得してもよい。この場合、解析用コンピュータ202は、この処理ロット情報を、モニタリングツール201から送信されてきた複数のプロセスデータに付加する。

#### 【0097】

(第4の実施形態)

以下、本発明の第4の実施形態に係る半導体製造装置のモニタリングシステム及びモニタリング方法について図面を参照しながら説明する。

#### 【0098】

第1～第3の実施形態においては、半導体製造装置の稼働状態を示す複数のプロセスパラメータの値を、より少数の指標値（主成分値又はモデルとの距離等）に絞り込む手法について示してきた。しかしながら、これらの指標値を得るためには、人間がモニタリングシステム200又は解析用コンピュータ202にアクセスする必要がある。ところで、実際の半導体装置の製造においては、工場の生産能力によって違いはあるが、一般的に100台程度から1000台程度までの非常に多くの台数の半導体製造装置が用いられる。そして、このような多くの台数の半導体製造装置を逐次人間が監視することは困難である。本実施形態は、この課題を解決するものである。

#### 【0099】

図12は、本実施形態のモニタリングシステムを用いてプラズマエッチング装置の稼働状態をモニタリングしている様子を示している。尚、図12において、図10に示す第3の実施形態と同一の構成要素には同一の符号を付すことにより説明を省略する。

#### 【0100】

図12に示すように、本実施形態のモニタリングシステム200がプラズマエ

ッティング装置 100 の各制御機器（又は制御用コンピュータ 112）から複数のプロセスデータを収集するための構成は、図 10 に示す第 3 の実施形態と同様である。本実施形態のモニタリングシステム 200 が第 3 の実施形態と異なっている点は、モニタリングシステム 200 が、解析用コンピュータ 202 に接続された集中監視装置 203 を備えていることである。尚、集中監視装置 203 は、図示しない他の半導体製造装置の稼働状態を把握するための他のモニタリングツールと組み合わされた他の解析用コンピュータとも接続されている。

#### 【0101】

集中監視装置 203 は、解析用コンピュータ 202 にアクセスして、第 1 ～ 第 3 の実施形態で述べたような、半導体製造装置の稼働状態を示す指標値（主成分値又はモデルとの距離等）を取得し、取得した指標値に応じて例えば警報の出力等を行なう。具体的には、集中監視装置 203 は、プラズマエッチング装置 100 の稼働状態が正常であると客観的に判断された期間（例えば製品の歩留まりが所定値を超えている期間）の複数のプロセスデータにおけるモデルとの距離  $D_i$  のバラツキ  $\sigma$  を基準にとり、プラズマエッチング装置 100 の稼働状態を次のように判断する。すなわち、複数の新規プロセスデータにおけるモデルとの距離  $D_i$  が  $3\sigma$  未満であれば正常状態、 $3\sigma$  以上で且つ  $6\sigma$  以内であればワーニング状態、 $6\sigma$  を越えれば故障状態（異常状態）であると判断する。また、集中監視装置 203 は、SECS、GEM又はHSMS等の通信規格に基づくストリームファンクションを用いてプラズマエッチング装置 100 のオペレーションを行なうことができる。例えば集中監視装置 203 がプラズマエッチング装置 100 の稼働状態を故障状態であると判断した場合、集中監視装置 203 は警報を出力すると共にプラズマエッチング装置 100 の稼働を停止させる。

#### 【0102】

図 13 は、前述の本実施形態の集中監視装置 203 を用いて複数の半導体製造装置の稼働状態をモニタリングしている様子を示している。尚、図 13 においては、便宜上、各半導体製造装置のうち制御用コンピュータを他の部分（制御機器等）と切り離して示している。

#### 【0103】

図13に示すように、本実施形態のモニタリングシステム200は、N台の半導体製造装置100A～N（正確には各半導体製造装置100A～Nの制御用コンピュータ112A～N）に接続されたN台のモニタリングツール201A～Nと、各モニタリングツール201A～Nに接続されたN台の解析用コンピュータ202A～Nと、各解析用コンピュータ202A～Nに接続された1台の集中監視装置203とを備えている。尚、各解析用コンピュータ202A～Nは、各半導体製造装置100A～Nを管理するホストコンピュータ10に接続されている。また、制御用コンピュータを含む各半導体製造装置と、それと対応するモニタリングツール及び解析用コンピュータの一組との関係は、第1～第3の実施形態と同様である。また、図示は省略しているが、各モニタリングツール201A～Nは、各半導体製造装置100A～Nの制御機器に接続されていると共に、各半導体製造装置100A～Nの制御用コンピュータ112A～Nはホストコンピュータ10に接続されている。

#### 【0104】

すなわち、本実施形態においては、N台の解析用コンピュータ202A～Nに対して1台の集中監視装置203を設けることによって、各解析用コンピュータで算出された、N台の半導体製造装置100A～Nの稼働状況を示す指標値を取得する。具体的には、集中監視装置203は、1秒ごとに各解析用コンピュータ202A～Nに巡回形式でアクセスする。従って、1つの解析用コンピュータにアクセスするために1秒を要すると仮定すると、全ての解析用コンピュータにアクセスするためにN秒を要することになる。ここで、1つの解析用コンピュータへのアクセス時間を短縮することによって、全ての解析用コンピュータへのアクセス時間を短縮する方が好ましいことは言うまでもないが、解析用コンピュータへのアクセスを通信で行なう場合、1つの解析用コンピュータへのアクセス時間を好ましくは0.1秒としたい。尚、本実施形態では、N台の解析用コンピュータに対して1台の集中監視装置を設けているが、集中監視装置の台数を増やして複数の集中監視装置により複数の解析用コンピュータへのアクセスを分担して行なえば、全ての解析用コンピュータへのアクセス時間を短縮することが可能である。

**【0105】**

以上に説明したように、第4の実施形態によると、第1～第3の実施形態の効果に加えて次のような効果が得られる。すなわち、複数の解析用コンピュータ202A～Nにより複数の半導体製造装置100A～Nの稼働状態が正常であるか又は異常であるか判断された結果（指標値）を、一定時間間隔で各解析用コンピュータ202A～Nに接続することにより取得する集中監視装置203を備えているため、各半導体製造装置100A～Nの稼働状態の把握を自動的行なうことができる。

**【0106】**

尚、第4の実施形態において、モニタリング対象となる半導体製造装置はプラズマエッチング装置100に限られるものではなく、例えばCVD装置、CMP装置、イオン注入装置、洗浄装置又は露光装置等の半導体製造装置全般を対象とすることができることは言うまでもない。

**【0107】**

また、第4の実施形態において、プラズマエッチング装置100の稼働状態が正常であると客観的に判断された期間の複数のプロセスデータにおけるモデルとの距離 $D_i$ のバラツキ $\sigma$ を基準として、プラズマエッチング装置100の稼働状態を次のように判断した。すなわち、複数の新規プロセスデータにおけるモデルとの距離 $D_i$ が $3\sigma$ 未満であれば正常状態、 $3\sigma$ 以上で且つ $6\sigma$ 以内であればワーニング状態、 $6\sigma$ を越えれば故障状態（異常状態）であると判断した。しかし、プラズマエッチング装置100の稼働状態が正常であるか又は異常であるかを判断する閾値が特に限定されるものではないことは言うまでもない。

**【0108】****【発明の効果】**

本発明によると、半導体製造装置の複数のプロセスデータを用いて多変量解析モデルを作成するため、複数の新規プロセスデータに対して、例えば主成分値又はモデルとの距離等の算出を行なうことができると共にそれらの値のリアルタイムモニタリング等を行なうことができる。従って、多数のプロセスパラメータの値を観測して該観測結果を特定の人間の感覚により評価する場合と比べて、半導

体製造装置の稼働状態の評価を客観的且つ迅速に行なうことができる。また、半導体製造装置のプロセスデータを処理レシピのステップ毎に分割してモニタリングできるため、プロセスデータがステップ毎に分割されてなる分割データ又はその統計値を必要に応じて確認することにより、半導体製造装置の稼働状態の把握を正確に行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る半導体製造装置のモニタリングシステムを用いてプラズマエッチング装置の稼働状態をモニタリングしている様子を示す図である。

【図 2】

図 2 は、本発明の第 1 の実施形態に係る半導体製造装置のモニタリング方法のフローチャートである。

【図 3】

(a) ～ (c) は、プラズマエッチング装置における下部電極とウェハとの間に流しているヘリウムガスの流量のウェハ処理枚数依存性を処理レシピのステップ 1 ～ 3 のそれぞれについて示す図である。

【図 4】

(a) 及び (b) は、プラズマエッチング装置における下部電極とウェハとの間に流しているヘリウムガスの流量のウェハ処理枚数依存性を処理レシピのステップ 4 及び 5 のそれぞれについて示す図である。

【図 5】

(a) ～ (c) は、プラズマエッチング装置の反応室内におけるガス圧力のウェハ処理枚数依存性を処理レシピのステップ 1 ～ 3 のそれぞれについて示す図である。

【図 6】

(a) 及び (b) は、プラズマエッチング装置の反応室内におけるガス圧力のウェハ処理枚数依存性を処理レシピのステップ 4 及び 5 のそれぞれについて示す図である。

**【図 7】**

本発明の第 1 の実施形態に係る半導体製造装置のモニタリング方法を用いて、プラズマエッチング装置における複数のプロセスパラメータの値について多変量解析のモデリングを行ない、その結果得られたモデルにおける第 1 主成分及び第 2 主成分のそれぞれの値のウェハ処理枚数依存性を示す図である。

**【図 8】**

本発明の第 2 の実施形態に係る半導体製造装置のモニタリング方法のフローチャートである。

**【図 9】**

本発明の第 2 の実施形態に係る半導体製造装置のモニタリング方法を用いてエラーマトリックス E から求められたモデルとの距離  $D_i$  のウェハ処理枚数依存性を示す図である。

**【図 1 0】**

本発明の第 3 の実施形態に係る半導体製造装置のモニタリングシステムを用いてプラズマエッチング装置の稼働状態をモニタリングしている様子を示す図である。

**【図 1 1】**

本発明の第 3 の実施形態に係る半導体製造装置のモニタリング方法のフローチャートである。

**【図 1 2】**

本発明の第 4 の実施形態に係る半導体製造装置のモニタリングシステムを用いてプラズマエッチング装置の稼働状態をモニタリングしている様子を示す図である。

**【図 1 3】**

本発明の第 4 の実施形態に係る半導体製造装置のモニタリングシステムを用いて複数の半導体製造装置の稼働状態をモニタリングしている様子を示す図である。

**【図 1 4】**

従来のモニタリング装置を用いてプラズマエッチング装置の稼働状態をモニタ

リングしている様子を示す図である。

【図 1 5】

従来の半導体製造装置のモニタリング方法のフローチャートである。

【図 1 6】

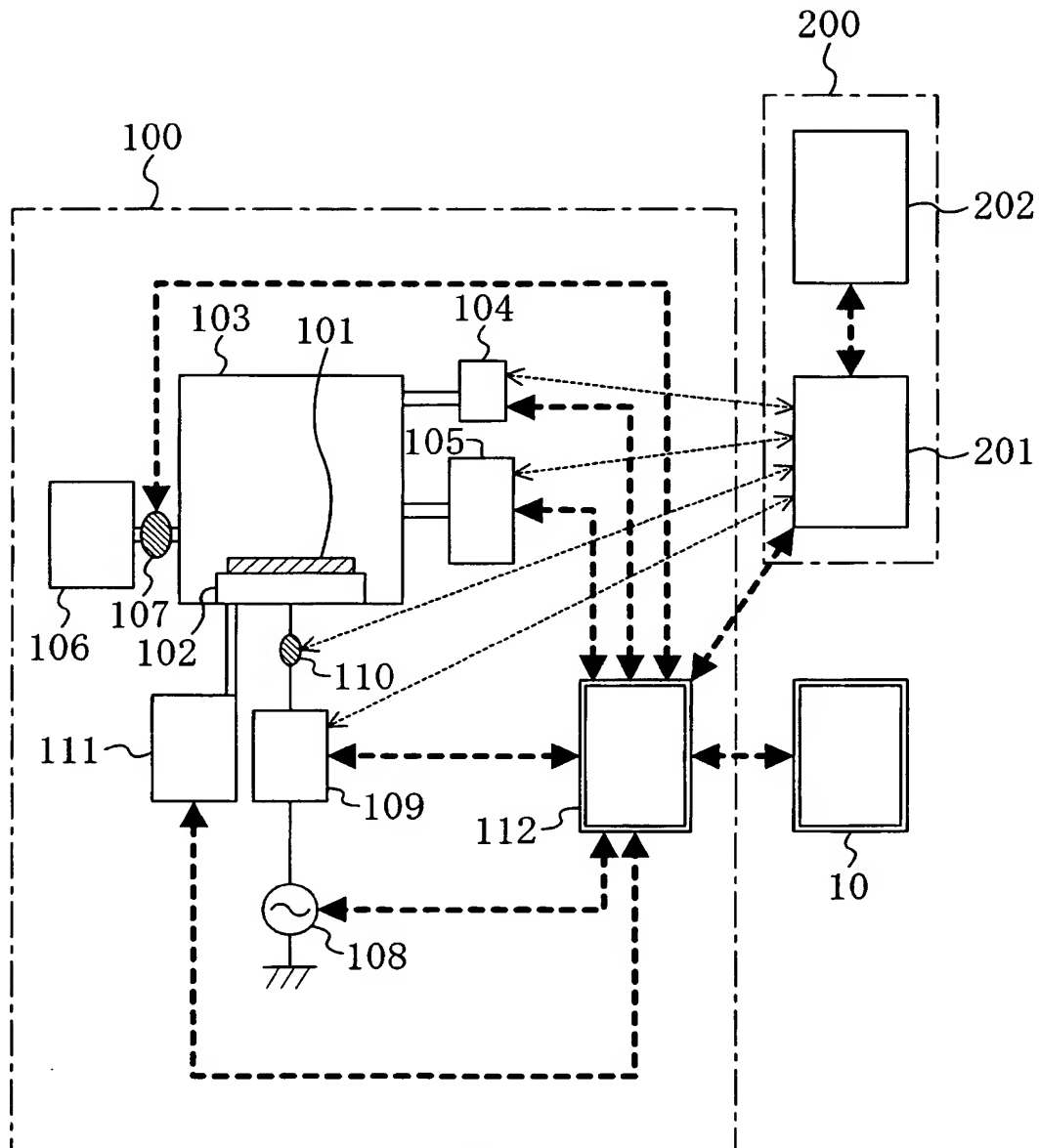
エッチング装置における下部電極に印加される高周波電力の進行波のパワーをモニタリングした結果を示す図である。

【符号の説明】

- 1 0      ホストコンピュータ
- 1 0 0    プラズマエッチング装置 (1 0 0 A ~ N    N 台の半導体製造装置)
- 1 0 1    被処理基板
- 1 0 2    下部電極
- 1 0 3    反応室
- 1 0 4    流量計
- 1 0 5    圧力センサー
- 1 0 6    真空ポンプ
- 1 0 7    コンダクタンスバルブ
- 1 0 8    高周波電源
- 1 0 9    整合器
- 1 1 0    付加センサー
- 1 1 1    チラー
- 1 1 2    制御用コンピュータ (1 1 2 A ~ N    N 台の制御用コンピュータ)
- 2 0 0    モニタリングシステム
- 2 0 1    モニタリングツール (2 0 1 A ~ N    N 台のモニタリングツール)
- 2 0 2    解析用コンピュータ (2 0 2 A ~ N    N 台の解析用コンピュータ)
- 2 0 3    集中監視装置

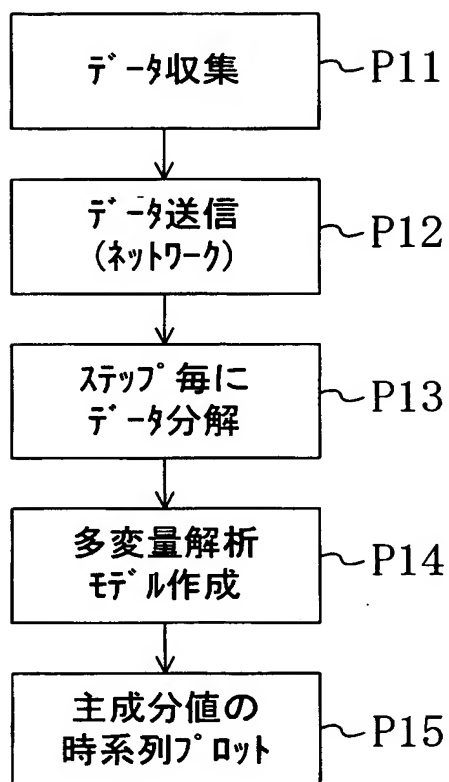
【書類名】 図面

【図 1】

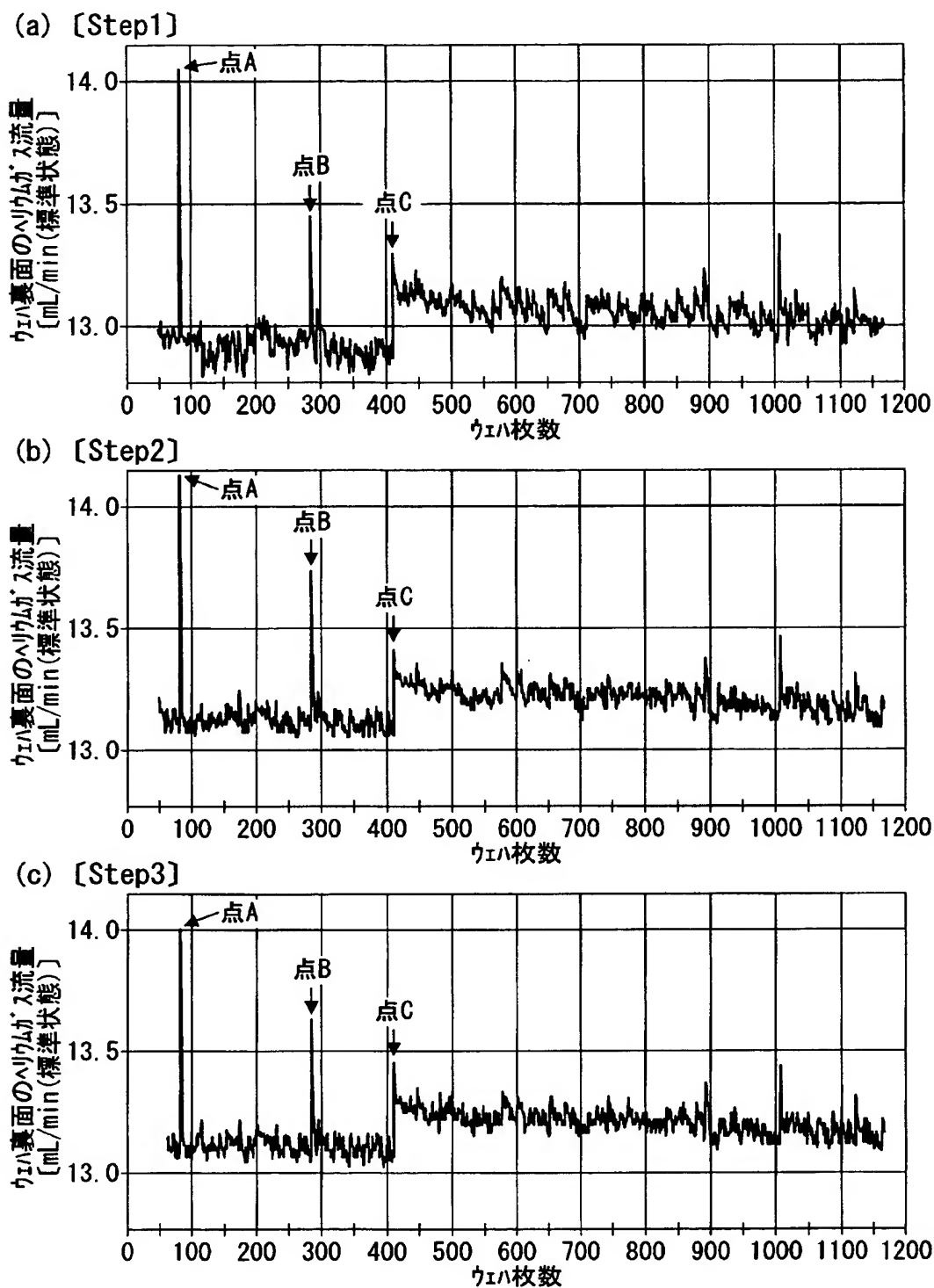




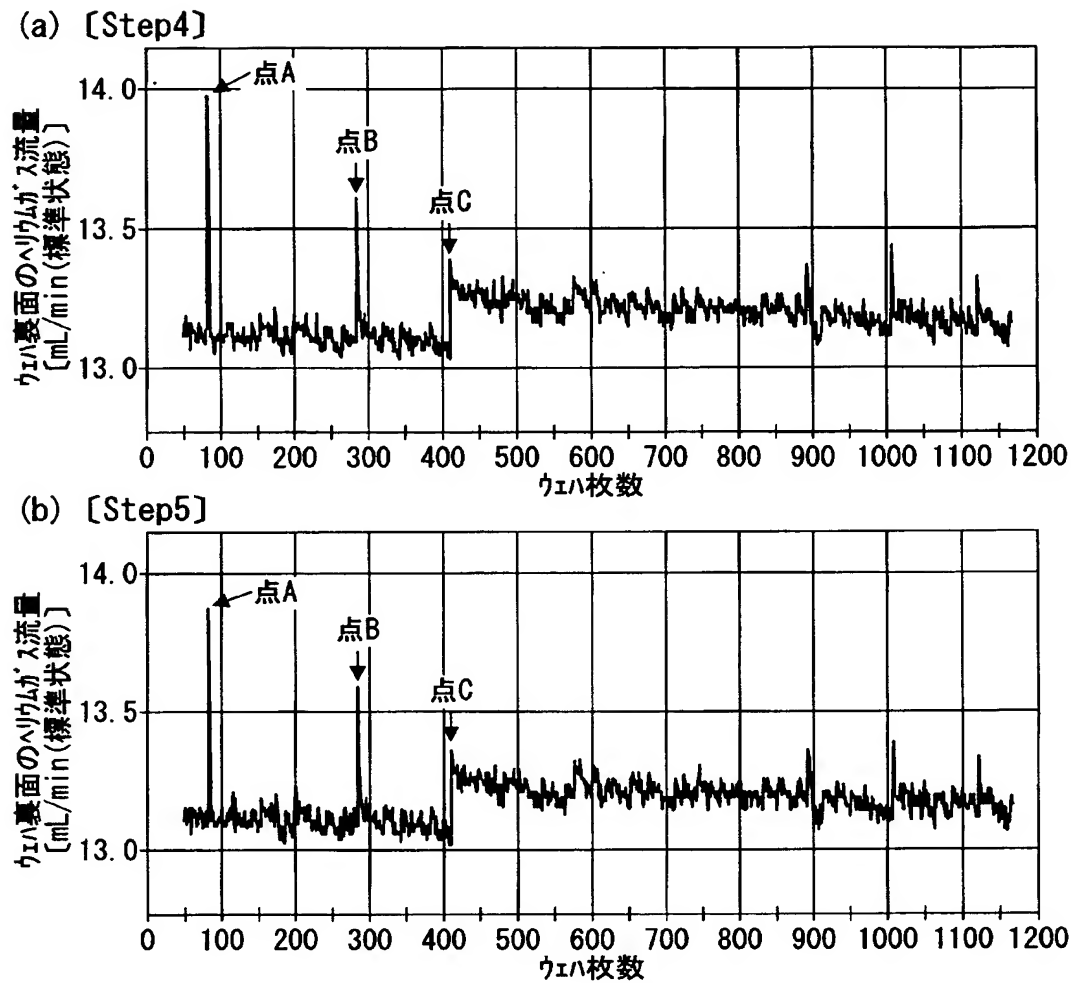
【図 2】



【図 3】

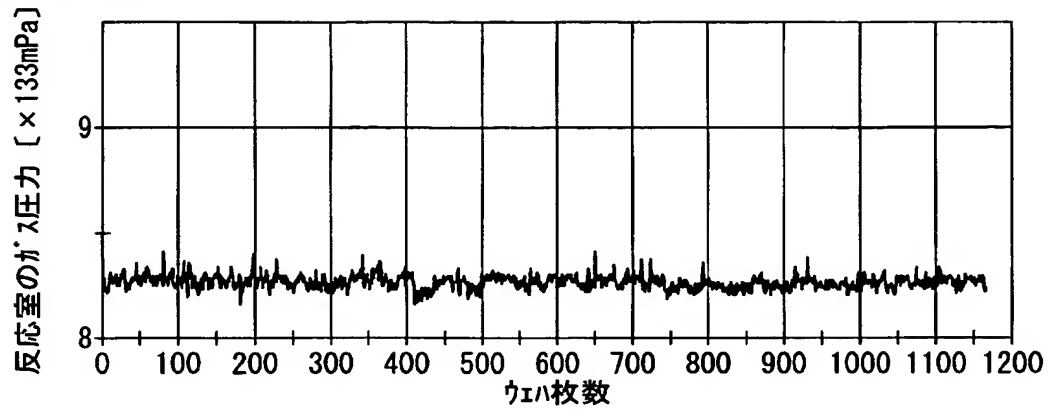


【図 4】

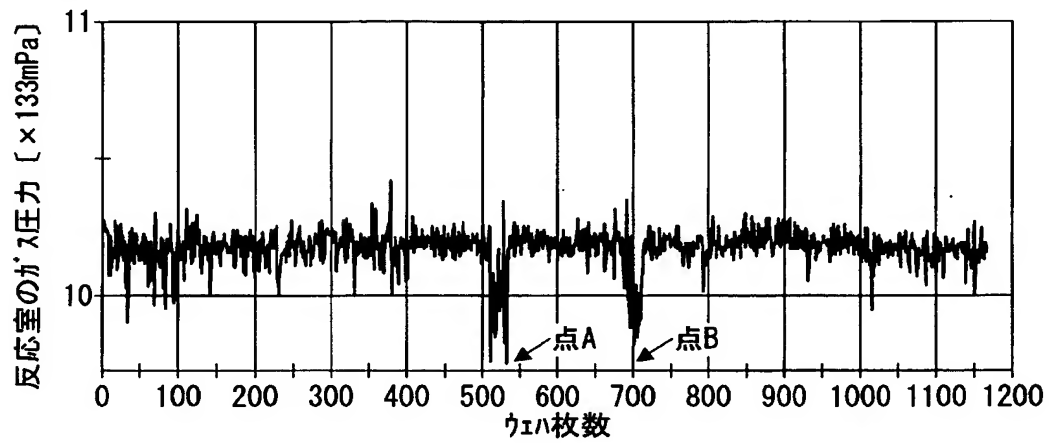


【図5】

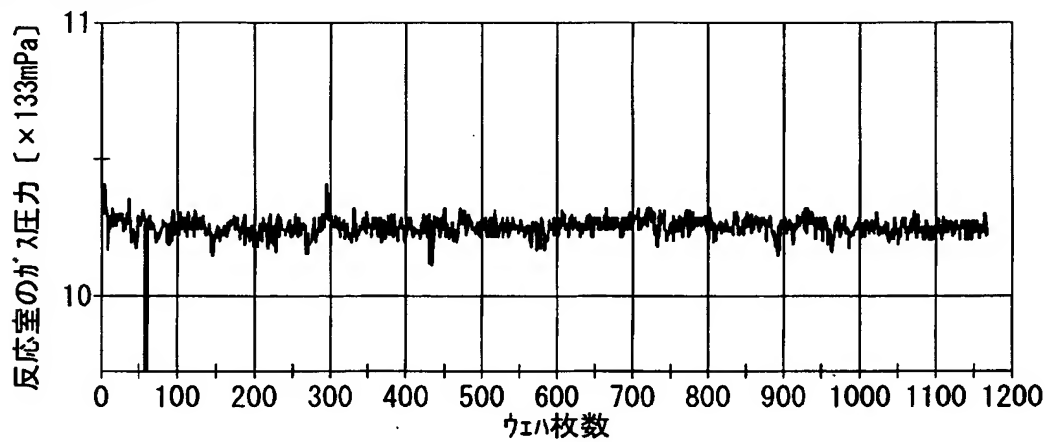
(a) [Step1]



(b) [Step2]

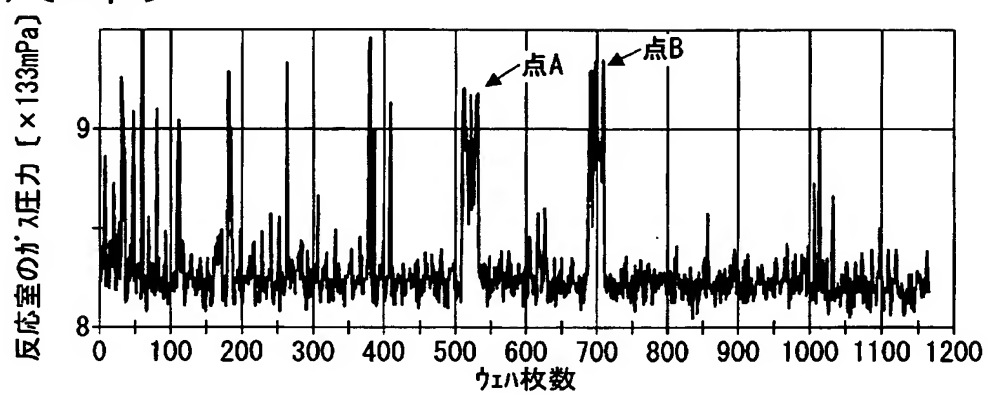


(c) [Step3]

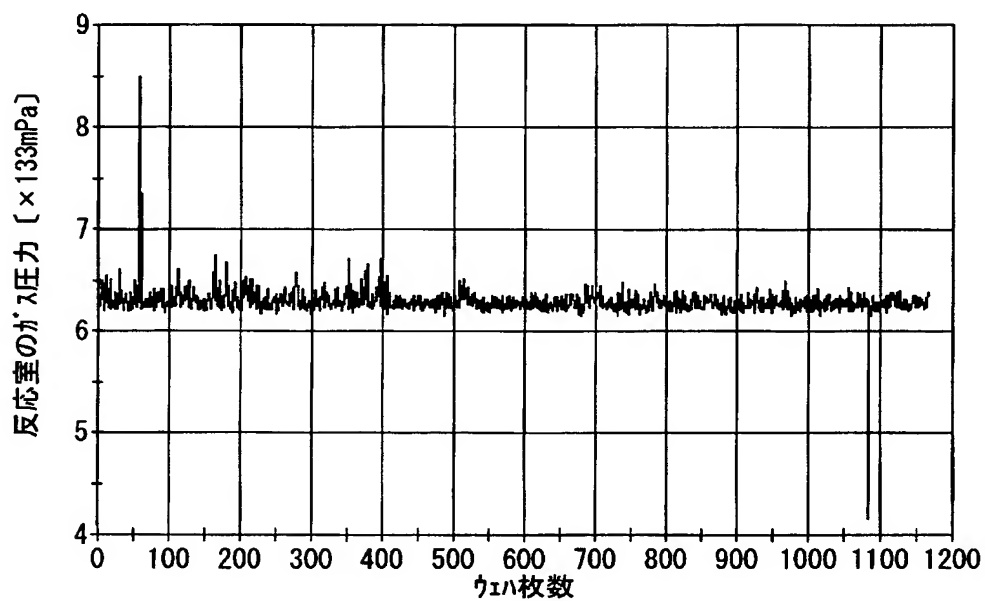


【図 6】

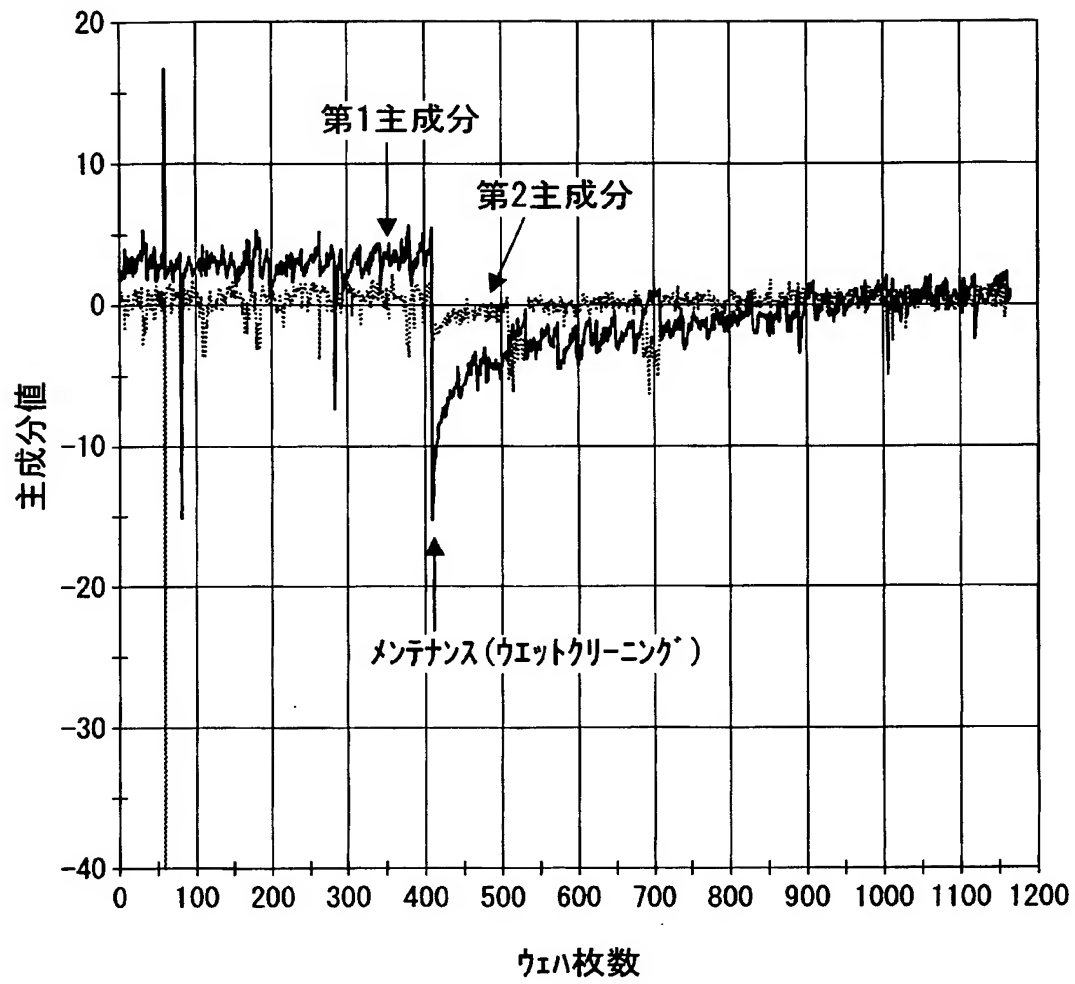
(a) [Step4]



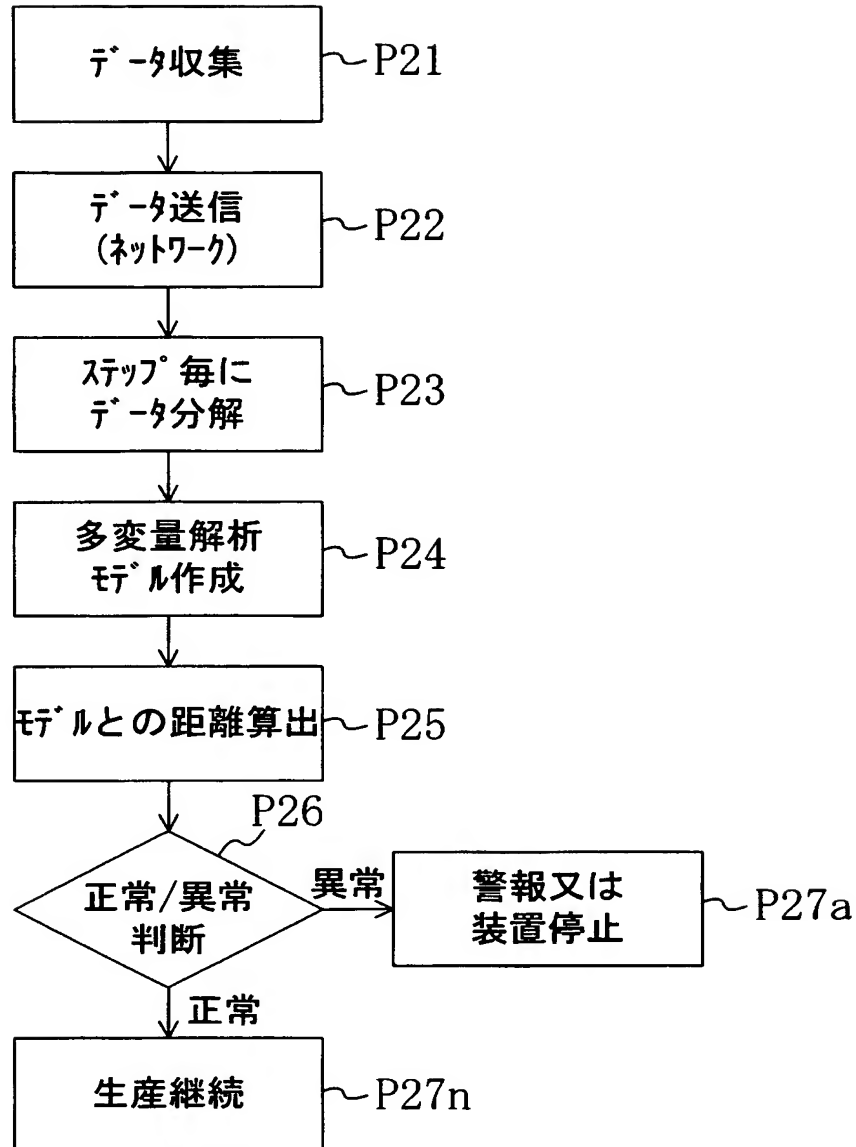
(b) [Step5]



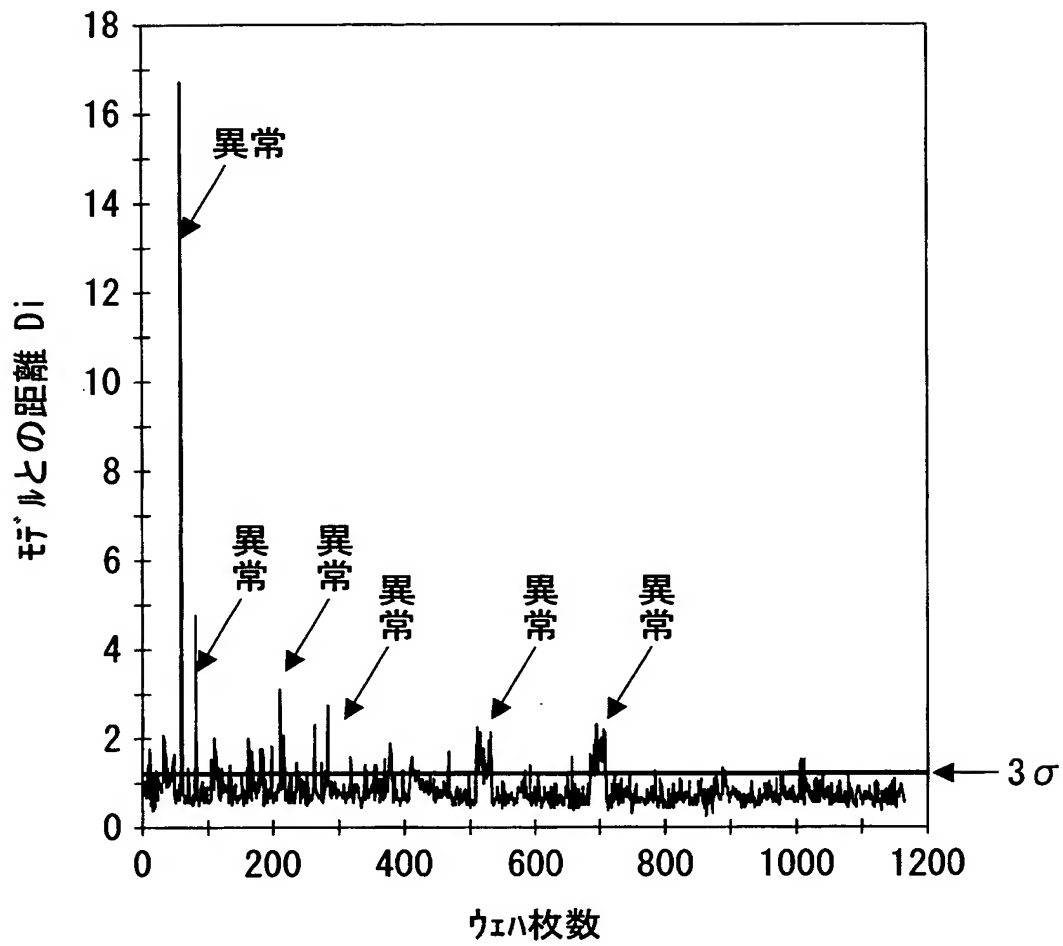
【図 7】



【図 8】



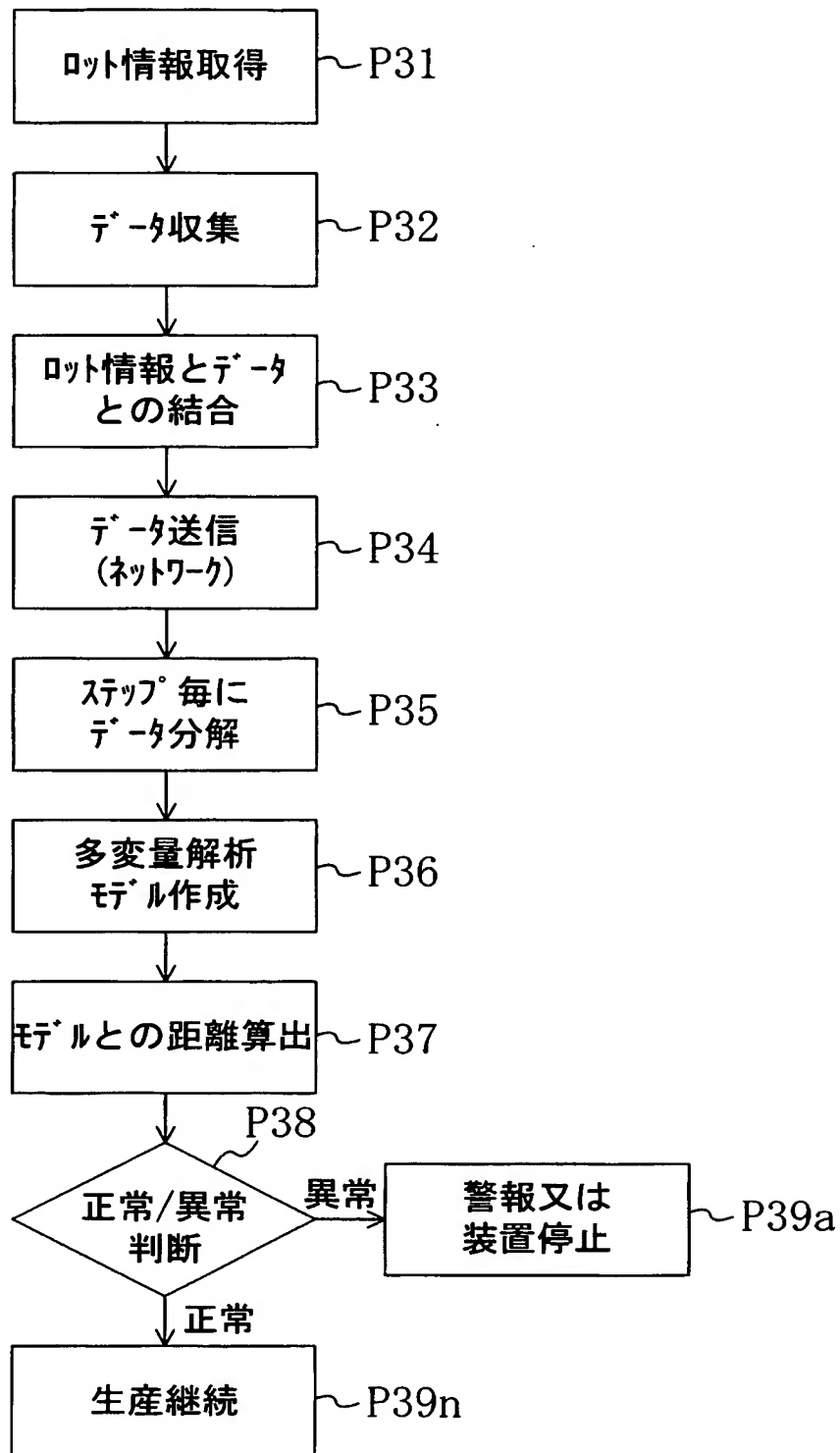
【図 9】



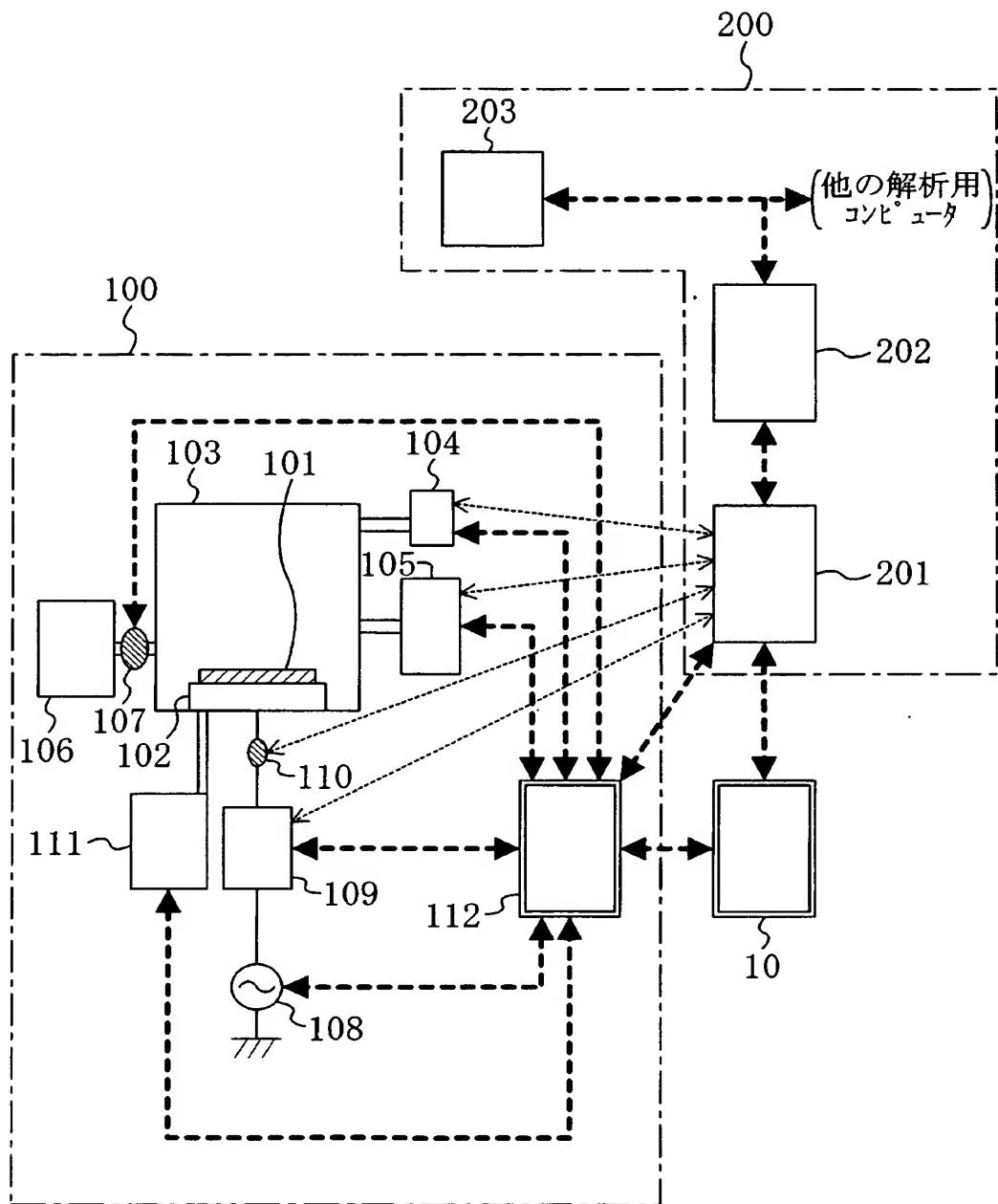




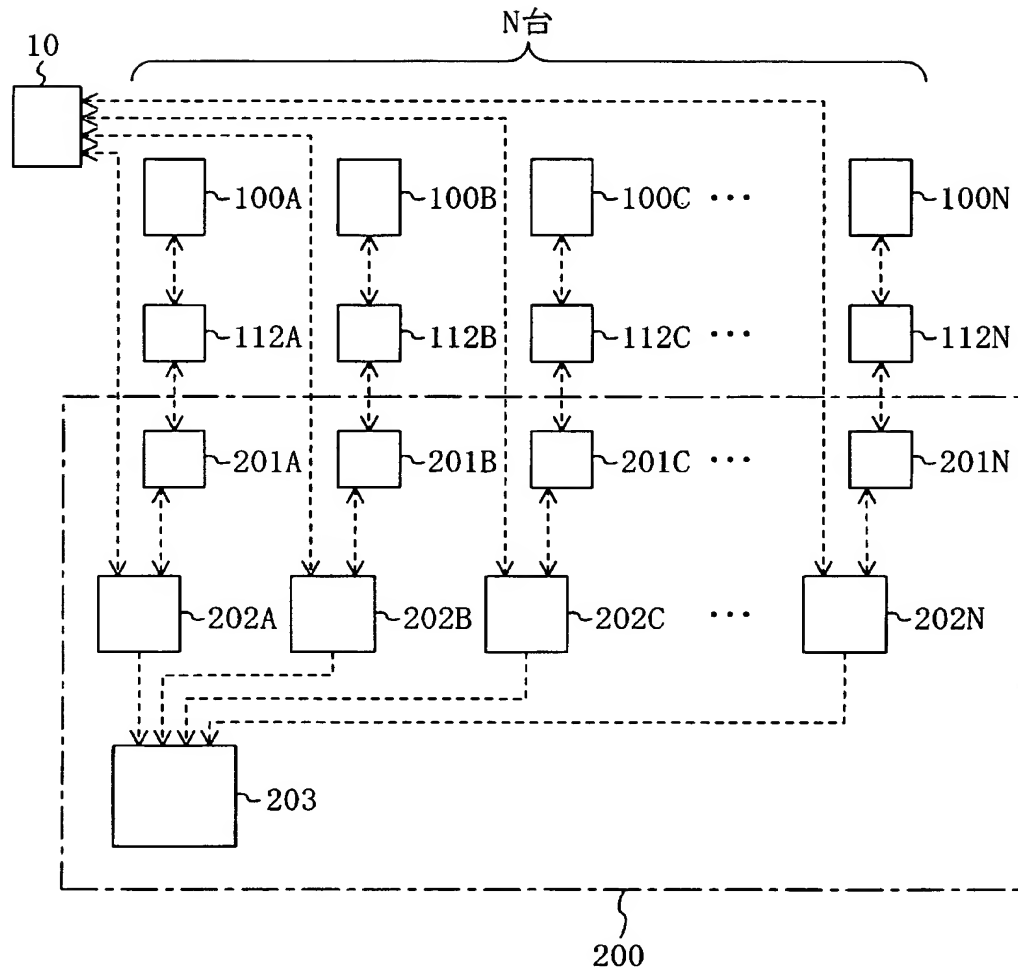
【図 11】



【図 12】

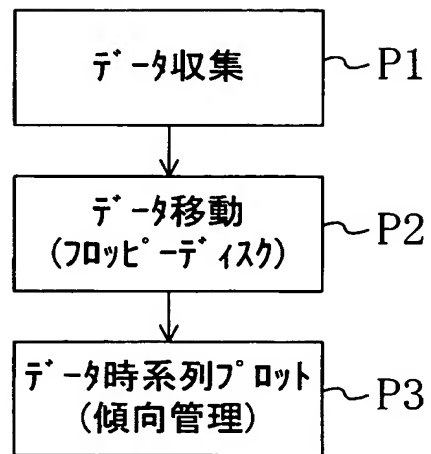


【図 13】

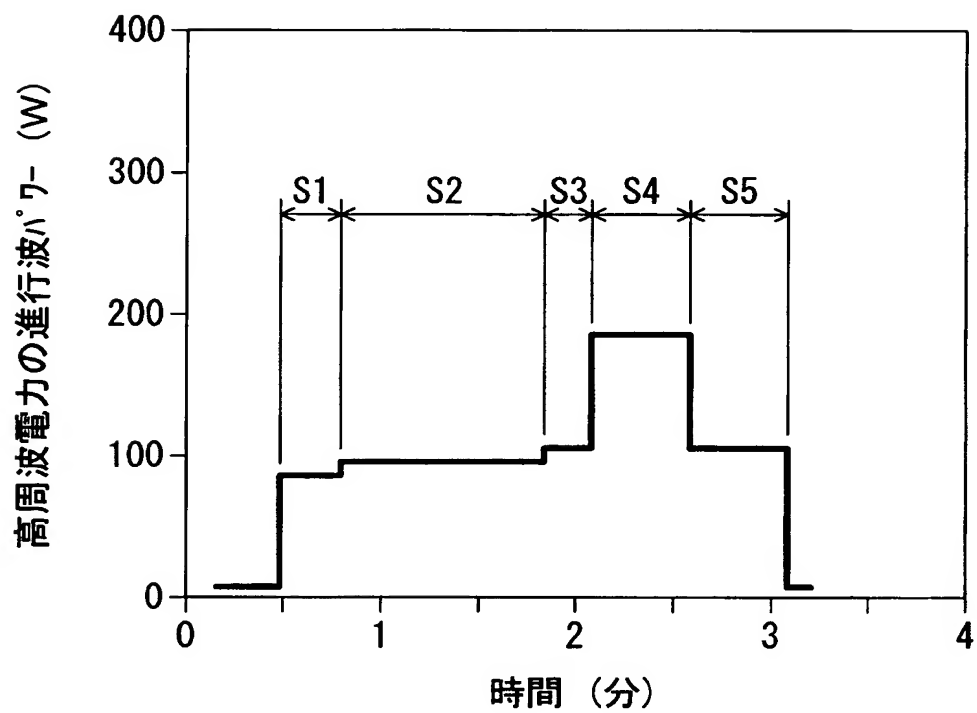




【図 15】



【図 16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体製造装置の稼働状態の評価を客観的且つ迅速に行なえるようにする。

【解決手段】 稼働中の半導体製造装置から、複数のプロセスパラメータの値つまり複数のプロセスデータを取得した後、該複数のプロセスデータの少なくとも一部分を用いて多変量解析モデルを作成する。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 2 - 2 0 5 6 6 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 8 2 1 ]

1 . 変 更 年 月 日

1 9 9 0 年    8 月 2 8 日

[ 変 更 理 由 ]

新 規 登 録

住    所

大 阪 府 門 真 市 大 字 門 真 1 0 0 6 番 地

氏    名

松 下 電 器 産 業 株 式 会 社